

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET
Katedra za voćarstvo



INOVACIJE U VOĆARSTVU

VIII savetovanje

Zbornik radova

Tema Savetovanja

Savremene mere za unapređenje čuvanja voća

Beograd,
2. februar 2023. godine

INOVACIJE U VOĆARSTVU
VIII savetovanje

Zbornik radova

Izdavač:
Univerzitet U Beogradu
Poljoprivredni fakultet, Beograd

Za izdavača
Prof. dr Dušan Živković, dekan

Glavni i odgovorni urednik
Dr Tamara Paunović, docent

Urednik
Prof.dr Dejan Đurović

Tehnički urednik
Prof.dr Dejan Đurović

Štampa
Pekograf doo
Vojni put 258/d, 11080 Beograd-Zemun

ISBN 978-86-7834-413-8

Tiraž
300 primeraka

Beograd, 2022

Odlukom Predsednika Odbora za izdavačku delatnost - Glavnog i odgovornog urednika Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Beogradu od 24.01.2023. godine, br. 231/20, odobreno je izdavanje i štampanje druge edukativne publikacije Zbornik radova Inovacije u voćarstvu.

Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje. Sva prava zadržava izdavač.

Programski odbor:

Prof. dr Dejan Đurović, predsednik
Prof. dr Čedo Oparnica
Prof. dr Gordan Zec
Prof. dr Dragan Milatović
Prof. dr Dragan Nikolić
Prof. dr Dragan Radivojević
Prof. dr Milica Fotirić
Prof. dr Jasminka Milivojević
Prof. dr Boban Đorđević

Organizacioni odbor:

Prof. dr Boban Đorđević, predsednik
master inž. Đorđe Boškov, sekretar
Prof. dr Gordan Zec
Prof. dr Dejan Đurović
master inž. Nemanja Tešić
master inž. Milana Stojanoski

Sadržaj / Content

Đurović, D., Milivojević, J., Đorđević, B.	
PRIMENA SAVREMENIH MERA U VOĆARSKOJ PROIZVODNJI U CILJU POBOLJŠANJA KVALITETA I TRAJAŠNOSTI PLODOVA	1
<i>Application of modern cultural practices in fruit production to improve fruit quality and shelf life</i>	
Zanella, A., Ebner, E.	
INTERAKCIJA IZMEĐU MOMENTA BERBE I SISTEMA SKLADIŠTENJA U POGLEDU TRAJAŠNOSTI I SPREČAVANJA GUBITKA KVALITETA PLODA	21
<i>Interaction of harvest window and storage system regarding quality and fruit loss prevention</i>	
Zlatić, E., Vidrih, R.	
UTICAJ FAKTORA PRE I POSLE BERBE ZA POBOLJŠANJE CRVENE BOJE JABUKE	31
<i>Pre and post harvest means to improve apple fruit red overcolor</i>	
Manganaris, G.	
COLD STORAGE MANAGEMENT PROTOCOLS AND MITIGATION MEASURES TO COMBAT PHYSIOLOGICAL DISORDERS OF FRUIT CROPS WITH DIFFERENT STORAGE POTENTIAL	41
<i>Protokoli upravljanja hladnjačama i mere ublažavanja u borbi protiv fizioloških poremećaja voća sa različitim potencijalom skladištenja</i>	
Vico, I., Vučković, N., Duduk, N.	
BOLESTI VOĆA POSLE BERBE	51
<i>Postharvest diseases of fruit</i>	
Šestić, S., Cucchi, A., Mattioda, H., Ceccarelli, A., Dupille, E., Grzeda, M., Riehle, A.	
UPRAVLJANJE ETILENOM U HLADNJAČI PRIMENOM SMARTFRESH PROTABS I HARVISTE U VOĆNJAKU	71
<i>Management of ethylene in the coldstore using smartfresh protabs and harvista in the orchard</i>	
Barać, G., Milić, B., Kevrešan, Ž., Mastilović, J., Keserović, Z., Magazin, N., Milović, M., Kalajdžić, J.	
UTICAJ PROREĐIVANJA NA KVALITET PLODA TRI SORTE JABUKE NAKON ČUVANJA I SHELF LIFE-A	83
<i>Effect of thinning on fruit quality of three apple cultivars after storage and shelf life</i>	
Korićanac, A., Milatović, D., Popović, B., Mitrović, O., Glišić, I.	
PAKOVANJE DVE SORTE ŠLJIVE U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI : UTICAJ NA FIZIČKE, HEMIJSKE I SENZORNE OSOBINE	93
<i>Modified atmosphere packaging of fruits of two european plum cultivars: effect on physical, chemical and sensory properties</i>	
Milović, M., Magazin, N., Kevrešan, Ž., Keserović, Z., Mastilović, J., Milić, B., Kalajdžić, J., Popara, G., Kovač, R., Bajić, A., Gošić, J.	
PROMENA ČVRSTINE PLODA KAJSIJE TOKOM SKLADIŠTENJA U ZAVISNOSTI OD PRIMENE TRETMANA PRE I NAKON BERBE	105
<i>Change of apricot fruit firmness during storage in addiction of pre- and post-harvest treatments</i>	
Fruk, G., Jurić, S., Sigurnjak Bureš, M., Vlahoviček-Kahlina, K., Sopko Stracenski, K., Antolković, A., Jalšenjak, N., Marić, K., Maslov Bandić, L.	
EDIBLE COATINGS AND MANDARIN FRUIT QUALITY	115
<i>Jestivi filmovi i kvalitet plodova mandarine</i>	

Uvodni referat

PRIMENA SAVREMENIH MERA U VOĆARSKOJ PROIZVODNJI U CILJU POBOLJŠANJA KVALITETA I TRAJAŠNOSTI PLODOVA

Dejan Đurović, Jasminka Milivojević, Boban Đorđević

Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun, Republika Srbija
E-mail: dejan.djurovic@agrif.bg.ac.rs

Izvod. Na kvalitet plodova i njihovu trajanje, pored adekvatnih uslova skladištenja, veliki uticaj imaju biološke karakteristike vrste i sorte, ekološki uslovi, ishrana, navodnjavanje, primena biljnih regulatora rasta, kao i sam način i momenat berbe. Najduže se čuvaju plodovi jezgrastih voćaka i sorti pozognog vremena sazrevanja jabučastih vrsta voćaka. Sadržaj kalcijuma u plodu ima najveći uticaj na povećanje njegove trajanje, dok primena bioregulatora ima značajan uticaj na poboljšanje organoleptičkih osobina ploda, usporavanje sazrevanja, promene u nutritivnim svojstvima i sprečavanje opadanja plodova. Presudan uticaj za poboljšanje trajanja i održavanje kvaliteta plodova ima pravilno sprovedena berba.

Ključne reči: trajanje plodova, ishrana, navodnjavanje, rezidba, bioregulatori, berba.

Uvod

Čuvanje plodova ima za cilj da reši protivrečnost između sezonskog i kvarljivog karaktera voća, sa jedne strane i neophodnosti njegovog neprekidnog korišćenja u ishrani u svežem stanju sa druge strane. Taj cilj mora biti ostvaren bez ikakvog pogoršanja kvaliteta. Čuvanje plodova zasniva se na usporavanju dozrevanja, odnosno svih fizioloških i biohemijskih procesa, koji ne prestaju da se odvijaju nakon obavljenje berbe. Na taj način se može očuvati inicijalni kvalitet plodova i obezbediti njihovo duže čuvanje u svežem stanju.

Uspeh u čuvanju voća se u našoj zemlji dug vremenski period vezivao isključivo za objekte, odnosno hlađena skladišta i uslove koji u njima vladaju. Međutim, problemi koji se javljaju tokom čuvanja plodova u hladnjaci ili nakon njihovog iskladištanja, u velikoj meri su posledica gajenja voćaka u neadekvatnim ekološkim uslovima, neprilagođene tehnologije gajenja svakoj vrsti, odnosno sorti pojedinačno, ili nepravilno obavljene berbe. Ekološki uslovi lokaliteta predstavljaju spoljašnje kontrolore kvaliteta ploda, koji delimično mogu biti modifikovani izborom mesta i položaja za zasnavanje zasada. Međutim, mikroklimatski činioci u proizvodnom prostoru gajenih voćaka mogu biti kontrolisani primenom različitih mera: gustinom sadnje, rezidbom, navodnjavanjem i

đubrenjem, čime se može uticati na strujanje vazduha i osvetljenost krune, a posledično i na kvalitet ploda. Visok intenzitet sunčevog zračenja može usloviti pojavu ožegotina na plodovima, koje smanjuju njihov skladišni potencijal i čine ih nepogodnim za tržište. Visoke temperature tokom zrenja takođe mogu ispoljiti neželjene efekte, kao i velika količina padavina.

Cilj ovog referata je da se ukaže na osnovne faktore koji tokom proizvodnje i berbe voća dovode do pogoršanja kvaliteta ploda i umanjuju njihovu trajanost i skladišnu sposobnost.

Uticaj vrste i sorte na kvalitet i trajanost plodova

Uspeh u čuvanju plodova je veći ukoliko se pored karakteristika skladišta dobro poznaju biološka svojstva vrste (Tabela 1), kao i specifičnosti karakteristike svake sorte. Među kontinentalnim voćkama najveći ekonomski značaj ima čuvanje plodova jabuke i kruške, nešto manje breskve, šljive, trešnje, kajsije, jagode, visokožbunaste borovnice, a u ograničenom obimu i čuvanje plodova maline i kupine u svežem stanju (Milatović, 2019; Đurović, 2021; Milivojević, 2022).

Tabela 1. Dužina čuvanja pojedinih vrsta voća u hladnjaciama

Voćna vrsta	Mogući period čuvanja plodova u hladnjaciama	Voćna vrsta	Mogući period čuvanja plodova u hladnjaciama
Kupina	2-14 dana	Breskva	4-6 nedelja
Malina	2-14 dana	Nektarina	4-6 nedelja
Jagoda	5-10 dana	Šljiva	1-6 nedelja
Borovnica	14-21 dan	Dunja	1-5 meseci
Višnja	3-7 dana	Kruška	1-7 meseci
Ribizla	14-28 dana	Jabuka	1-12 meseci
Trešnja	10-14 dana	Orah	1-2 godine
Kajsija	1-4 nedelja	Lešnik	1-2 godine

Posmatrano sa praktičnog aspekta, svi faktori koji posle berbe utiču na kvalitet ploda nalaze se pod genetičkom kontrolom ukazujući na značaj pravilnog izbora sorti, kao suštinski bitne odluke u procesu upravljanja proizvodnjom voća. Variranje u skladišnoj sposobnosti između sorti se javlja kao rezultat specifičnih karakteristika koje određuju kvalitet ploda (krupnoća, boja, tekstura, hemijski sastav i ukus), kao i njihove interakcije sa uslovima gajenja i skladištenja (Forney, 2009). Najbolje se čuvaju plodovi onih sorti čija je pokožica elastična i izgrađena od velikog broja sitnih ćelija, kao i plodovi sa debljom i kompaktnom kutikulom, prekrivenim voštanom skramom (pepeljkom ili maškom) i sa retkim zatvorenim lenticelama. Pored sorte, kod kalemljenih voćaka i podloga ima veliki uticaj na kvalitet čuvanja plodova (Mratinić i Đurović, 2015). Podloga direktno utiče na manju ili veću bujnost sorte, veličinu krune, fenologiju (početak vegetacije, vreme cvetanja, vreme

diferenciranja cvetnih pupoljaka, vreme zrenja, završetak vegetacije), dugovečnost zasada, otpornost prema nepovoljnim ekološkim uslovima i patogenim agensima, rodnost, kvalitet plodova (krupnoću, nijanse boje pokožice, kvantitativnu prekrivenost dopunskom bojom, količinu šećera, aromu, ukus itd.). Indirektno, prekouticaja pomenutih faktora podloga utiče i na skladišnu sposobnost plodova.

Uticaj ishrane voćaka na kvalitet i trajanje plodova

Ishrana voćaka predstavlja osnovnu agrotehničku meru, koja između ostalog ima za cilj povećanje prinosa i poboljšanje kvaliteta plodova. Izbalansirana prihrana makro i mikroelementima, koja je prilagođena fiziološkim procesima voćaka, predstavlja osnov ka uspešnom očuvanju kvaliteta i trajnosti plodova. Nedovoljna ili preobilna ishrana biogenim elementima, bilo preko zemljišta ili lista, može izazvati neželjene posledice na kvalitet i čuvanje plodova.

Azot (N) je biogeni element koji povoljno utiče na veličinu lisne površine i na njenu fotosintetsku aktivnost, uz istovremeni produžetak vegetacije, tj. fiziološke aktivnosti listova. Utiče na rastenje i razviće biljaka. Posredno ili neposredno utiče i na otpornost biljaka na nepovoljne uslove spoljašnje sredine i bolesti, kao i na vodni režim. Međutim, suficit azota može da deluje negativno na kvalitet plodova voćaka, njihovo kasnije sazrevanje, slabiju obojenost, lošije i kraće čuvanje. Najveću aktivnost ima azot u obliku nitrata (NO_3^-), zatim u amonijačnom obliku (NH_4^+) i na kraju amidnom ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Primena azotnih đubriva u nitratnom obliku u mnogo većoj meri utiče na pojavu gorkih pega kod plodova jabuke nego pri primeni đubriva koja imaju amonijačni oblik. Sanchez et al. (1995) su utvrdili da i vreme aplikacije azotnih đubriva utiče na kvalitet i trajnost plodova kruške. Oni su najbolje rezultate u čuvanju kruške postigli pri dodavanju azotnih đubriva rano u proleće, a istovremeno konstatovali da đubrenje u toku leta (naročito mesec dana pre berbe) nema nikakav uticaj na kvalitet i trajnost plodova. Cuquel et al. (2011) navode da su sorte šljive, prihranjene čistim azotom u količinama od 40, 80, 120, 160 i 200 kg/ha, najbolje proizvodne rezultate i kvalitet plodova imale prilikom prihrane sa najmanjom upotrebljenom količinom. Milivojević i Miletić (2021) ističu da visokožbunasta borovnica zahteva i apsorbuje najviše N od kraja cvetanja do kraja berbe, kada je i najveća lisna masa žbuna. Međutim, među proizvodnim regionima postoji veliko variranje u preporučenim količinama đubriva za zasade u punoj rodnosti, a norme se kreću u rasponu od 73 kg/ha N u Mičigenu (Hanson & Hancock, 1996) do 185 kg/ha N u Oregonu (Hart et al., 2006). Primena većih količina N indirektno nepovoljno utiče na kvalitet ploda povećavajući rast grana i menjajući odnos broja plodova i listova, čime se otežava ravnomerna distribucija pesticida unutar žbuna i povećava rizik od razvoja bolesti na plodovima. Istovremeno se odlaže zrenje plodova i smanjuje mogućnost sušenja plodova nakon kiše (Hart et al., 2006). Ujedno, potvrđeno je da azot ima direktni inhibitorni efekat na ekspresiju antocijana. Smatra se da je nivo azota u lišću ispod 2% najbolji za razvoj dopunske boje. Međutim, previše nizak sadržaj azota može nepovoljno uticati na veličinu ploda

i usloviti slabiju bujnost biljaka. Takođe, aplikacija azota početkom leta može biti štetna za razvoj boje.

Brojni autori navode da ishrana voćaka **kalijumom** (K) povećava krupnoću plodova i obojenost njihove pokožice (odnosno zastupljenost dopunske boje na pokožici ploda, kao i njen intenzitet). Kalijum pozitivno utiče i na kvalitet ploda, posebno na ukus(sadržaj šećera i kiselina), kao i na njegovu trajšnost. Nedostatak K izaziva naročito nepovoljne promene na plodovima, kod kojih se slabije razvija seme, što može usloviti njihovo otpadanje i time smanjiti rodnost voćaka. Plodovi koji se održe imaju atipičan nezreo izgled, najčešće sladak ukus, bez karakteristične arome sa drvenastom ili sunđerstom konzistencijom mesa. Takvi plodovi se kratko i nekvalitetno čuvaju, jer brzo gube tečnost, a i skloni su pojavi fizioloških bolesti. Povišen sadržaj kalijuma može dovesti do nedostatka Ca i Mg, a njihov nedostatak pospešiti pojavu deficita bora (B), cinka (Zn) i mangana (Mn). To će rezultirati čitavim nizom nepovoljnih i štetnih promena na plodu i značajno uticati na dužinu i kvalitet njihovog čuvanja. Kalijum utiče na rad enzima voćaka, a poseban značaj ispoljava na kvalitet plodova, doprinoseći poboljšanju hemijskih (sadržaj suve materije, vitamina C i šećera) i fizičkih (krupnoća i dopunska boja) osobina. Pored toga, plodovi pravilno ishranjeni kalijumom imaju veću otpornost na ožegotine (Solhjoo *et al.*, 2017)

U slučaju da dođe do nedostatka **fosfora** (P) kao posledica se javlja smanjenje sinteze nukleinskih kiselina i sinteze polisaharida (skroba, celuloze i dr.), što će negativno uticati na organoleptičke karakteristike i kvalitet ploda voćaka, odnosno boja pokožice će biti atypična, a konzistencija «mesa» smanjena. Uzimajući u obzir da fosfor ulazi u sastav niza oksidacionih enzima, njegov nedostatak će dovesti do povećanog intenziteta disanja, što će se negativno odraziti na skladišnu sposobnostplodova.

Kalcijum (Ca) je biogeni element koji ima najveći uticaj na čvrstoću pokožice i mesa ploda, pa samim tim direktno definiše kvalitet čuvanja plodova. Nedostatak Ca kod jabučastih voćaka nepovoljno utiče na kvalitet ploda, jer pospešuje pojavu fizioloških bolesti (brašnjavost, staklavost mesa, gorke pege, jonatanove pege i dr.) koje se mogu javiti još u voćnjaku, a veoma često su pojava u toku čuvanja plodova u hlađenim skladištima, čime se smanjuje njihova trajšnost i tržišna vrednost. Kalcijum sa održavanjem čvrstoće plodova direktno utiče i na njihovu transportabilnost i manipulativnost. Brojna istraživanja su pokazala da se poboljšanje kvaliteta voća koje se čuva i njegova trajšnost mogu rešiti obezbeđivanjem dovoljne količine Ca u plodu (Conway *et al.*, 2002). Kalcijum je strukturni element u gradi stabla i plodova. Njegov transport ascedentnim tokom od korena do plodova je veoma otežan, jer zavisi od nivoa transpiracije koji je u plodovima jako nizak. Dodatni problem sadržaju kalcijuma u plodovima čini njihova kompeticija sa mladim listovima, u čijem je sastavu visoka koncentracija ovog elementa. Kalcijum ima specifičnu ulogu u gradi ćelija, pa nedostatak u ishrani voćaka dovodi do kidanja ćelijskog zida, pri čemu dolazi do razvoja fizioloških oštećenja i lakšeg razvoja patogenih mikroorganizama na plodovima (Ebert, 2009).

Plodovi jabuke namenjeni čuvanju ne bi smeli da imaju sadržaj kalcijuma manji od 5 mg u 100 g svežeg ploda, a kruške, manji od 10 mg. Najveća količina kalcijuma od strane plodova usvaja se u ranim fazama njegovog razvoja. U cilju uspostavljanja balansa u sadržaju makroelemenata u plodu, u prvim fazama razvoja ploda u ishrani voćaka, posebno jabuke, ne smeju se u velikoj meri koristiti đubriva sa elementima koji su antagonisti kalcijumu, kao što su K^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} (Casero *et al.*, 2017). Primena kalcijuma preko zemljišta daje slabe rezultate u rešavanju problema njegovog nedostatka u plodovima, dok folijarni tretmani u periodu od 3 do 9 nedelja nakon punog cvetanja imaju najviše uspeha (Solhjoo *et al.*, 2017). Takođe, primjenjen folijarnim putem kalcijum kod jagodastih i koštičavih voćaka pored poboljšanja kvaliteta plodova, njihove čvrstoće i transportabilnosti, utiče i na smanjenje pucanja plodova, pojave truleži i oštećenja izazvanih od strane insekata (Wojcik and Lewandowski, 2003; Erogul, 2014; Lee *et al.*, 2016). Stoga se folijarna primena kalcijuma smatra redovnom agrotehničkom merom u zasadima voćaka kako bi se obezbedile dovoljne količine Ca u plodovima.

Sa druge strane, tretmani zemljišta đubrivima na bazi kalcijuma u redovnoj agrotehnici imaju vrlo malo uspeha zbog prirode samog elementa koji je slabo mobilan zbog čega ga treba blagovremeno aplicirati, da bi u fenofazi cvetanja i zametanja ploda, kao i u prvoj fazi razvoja ploda bio dostupan voćki u dovoljnim količinama, kako bi se ugradio u sve diferencirane ćelije ploda. Garman i Mathilas (1950) su dokazali da se Ca uglavnom doprema u plodove u prvoj etapi razvoja ploda, odnosno za vreme deoba ćelija (prvih 4 -6 nedelja posle cvetanja), da bi tek rezultati Van Grala 1980 godine ukazali na njegovu kasniju nemogućnost premeštanja iz lišća u plodove (Mratinić i Đurović, 2015). Zato je direktna aplikacija Ca u plodove najefikasniji metod njegovog povećanja u plodu. Retamales i Arredondo (1995) su ispitujući uticaj tri folijarna tretmana sa kalcijum hloridom ili kalcijum nitratom (47,5, 90 i 180 g Ca/100 l vode) u terminima 15, 30 i 45 dana posle zametanja plodova kod sorti borovnice 'Bluecrop', 'Blueray' i 'Ivanhoe' ustanovili da je najniža primenjena količina od 47,5 g Ca/100 l povećala sadržaj Ca u pokožici ploda i semenkama, dok je količina od 90 g Ca/100 l vode bila potrebna da se poveća i sadržaj Ca u mesu ploda. Pored folijarnih tretmana pre berbe, povećanje sadržaja Ca u plodovima jabuke moguće je ostvariti i njihovim potapanjem u rastvor kalcijum hlorida posle berbe. U zemljištu, kalcijum je antagonist natrijumu. S obzirom na poznatu činjenicu da višak Na u zemljištu usporava prelazak nitrita u nitrate pri visokoj pH vrednosti zemljišta (rezultira visokim toksičnim nivoom nitrita), to je vrlo važno voditi računa da zemljište na kome se podiže zasad voćaka (naročito nekih koštičavih, poput breskve) bude optimalno obezbeđeno kalcijumom, a sa što manje natrijuma u sebi. Takođe, treba ukazati i na antagonizam K/Ca i Mg/Ca, kao i na sinergistički odnos B/Ca.

Posebno je značajno prisustvo bora u biljci, jer prema novijim istraživanjima utvrđeno je da bor učestvuje u transportu Ca u biljci, odnosno potmopaže njegovu pokretljivost. Ukoliko kalcijuma u zemljištu nema dovoljno (optimalno za potrebe

određene vrste voćaka), to se može ispraviti đubrenjem krečnjakom, što je posebno značajno ukoliko je pH vrednost zemljišta niska.

Bor (B) je jedan od najznačajnijih mikroelemenata za uspešan rast i razvoj voćaka. Njegova uloga je višestruka, jer stvarajući komplekse sa šećerima i njihovim derivatima olakšava transport ugljenih hidrata kroz ćelijsku membranu. Bor je posebno značajan jer utiče na klijanje polena i porast polenove cevčice, pri čemu pomaže proces oplodnje. Pored toga, bor utiče na ubrzajeni i lakši prođor kalcijuma kroz sprovodne sudove i ćelijski zid. Do nedostatka bora u ishrani voćaka može doći zbog njegove slabe pokretljivosti. Bor folijarno primenjen u količini od 2 l/ha u jesenjem periodu - posle završetka berbe plodova kajsije uticao je na povećanje prinosa od 33% uz smanjenje razvoja defektnih cvetova za 35% (Kirligad *et al.*, 2017). Folijarno primenjen bor na početku vegetacije i posle precvetavanja u količini od 0,8-2,5 l/ha može značajno povećati prinos kod jagode, kvalitet plodova i njihovu transportabilnost, i produžiti čuvanje (Wojcik and Lewandowski, 2003). Pored toga, bor utiče na lakše usvajanje i rešavanje deficitita kalcijuma u plodovima, jer utiče na propustljivost ćelijskog zida i lakšu ugradnju u njegovu strukturu (Ganie *et al.*, 2013). Nedostatak bora u ishrani izaziva pojavu rđaste prevlake kod jabuke i kruške, deformitet plodova kod jagodastih voćaka, kao i pucanje plodova kod trešnje.

Mangan (Mn) utiče na kvalitet plodova u pogledu poboljšavanja intenziteta zelene boje pokožice, što je posebno važno kod jabuke sorte ‘Greni Smit’ (Deckers *et al.*, 1997). Takođe, olakšava usvajanje i transport azota i magnezijuma kroz voćke.

Uticaj navodnjavanja voćaka na kvalitet i trajanost plodova

Visoki i redovni prinosi u voćarstvu, kao i zadovoljavajući kvalitet plodova, mogu se postići samo uz dovoljnu i ravnomernu obezbeđenost vodom. Međutim, u praksi se deficit vode u zemljištu češće javlja i zato je navodnjavanje redovna agrotehnička mera u gajenju voćaka. Plodovi navodnjavanih stabala su krupniji, ujednačeniji, bolje obojeni, većeg randmana mesa, harmoničnijeg ukusa ploda i ranijeg vremena zrenja. Suvremenim navodnjavanjem voćaka plodovi postaju neukusniji u odnosu na plodove nenavodnjavanih voćaka ili plodove voćaka koje su navodnjavane umerenim dozama. Kao posledica preteranog navodnjavanja dolazi do smanjene koncentracije soka usled smanjene količine šećera u plodovima, što se veoma loše odražava na njihovu trajanost, odnosno dužinu čuvanja.

Kilili *et al.* (1996) zaključuju da se smanjivanje zalivanja kasnije tokom sezone može koristiti kao metod za povećanje kvaliteta plodova, što se naročito ogleda u povećanju sadržaja rastvorljivih suvih materija i šećera, kao i čvrstoće ploda i bolje obojenosti, a bez negativnih efekata na krupnoću ploda i prinos. Slične rezultate deficitita navodnjavanja na kvalitet ploda jabuke sorte ‘Braeburn’ na Novom Zelandu u dva paralelna ogleda dobili su Mpelasoka *et al.* (2001). Svi tretmani deficitita zalivanja doveli su do smanjenja volumetrijskog sadržaja vode u zemljištu. Tretmani kasnog deficitita zalivaja (LDI) i deficitita zalivaja tokom cele sezone, ubrzali su sazrevanje plodova, što tretman ranog deficitita zalivanja (EDI) nije. Svi tretmani

deficita zalivanja povećali su čvrstoću plodova i sadržaj rastvorljivih suvih materija, ali nisu uticali na količinu ukupnih kiselina. Sličan ogled u Australiji sa jabukom sorte ‘Cripps Pink’ postavili su Zaliha i Singh (2010). Autori zaključuju da kod sorte ‘Cripps Pink’ prestanak zalivanja u periodu od 145 do 175 dana nakon punog cvetanja, poboljšava obojenost i parametre kvaliteta ploda, kao i njegovu trajanost, a istovremeno smanjuje utrošak vode.

Bussakorn *et al.* (2001) su kod jabuke sorte ‘Braeburn’ istovremeno pored uticaja deficitalnog zalivanja ispitivali i uticaj različite opterećenosti stabla rodom, na kvalitet plodova. Utvrđeno je da je veličina ploda bila manja kod deficitalnog zalivanja, kada su stabla bila opterećena sa po 6 plodova po cm^2 poprečnog preseka debla, ali nisu utvrđene razlike u masi ploda između različitog zalivanja kad su stabla bila opterećena sa po 4 ploda po cm^2 poprečnog preseka debla. Autori su utvrdili da su stabla koja su bila izložena dejству suše imala čvršće plodove, veći sadržaj ukupne rastvorljive suve materije i veći sadržaj ukupnih šećera, dok nisu uočene razlike u uticaju na stepen obojenosti plodova. Da količina vode koja se dodaje voćkama zalivanjem, odnosno način zalivanja (puno zalivanje, deficit zalivanja i delimično sušenje korena) utiče na kvalitet odnosno hemijski sastav ploda potvrdili su i Leib *et al.* (2006) u ogledu sa jabukom sorte ‘Fuji’, dobivši najmanji sadržaj suve materije i šećera kod varijante sa punim zalivanjem.

Durović (2011) je pratio efekte različitih tretmana zalivanja na trajanost plodova sorte ‘Granny Smith’. U prvoj godini ispitivanja značajno manji gubitak u masi imali su plodovi ubrani sa stabala koja su zalivana u režimu delimičnog sušenja korena. Ta razlika je bila značajna samo u prvoj polovini perioda čuvanja. U drugoj godini deficit zalivanja je uticao na manji gubitak u masi ploda. Taj uticaj je bio značajan tokom celog perioda čuvanja. Autor je konstatovao da deficit zalivanja utiče da plodovi sporije gube čvrstoću, a samim tim se i bolje čuvaju. Od tri načina gde je primjenjen deficit zalivanja, sa aspekta održavanja čvrstoće ploda, najbolje se pokazao tretman delimičnog zasušivanja zemljишta u zoni korenovog sistema. Prateći promene sadržaja suve materije i ukupnih kiselina, Durović (2011) konstatiše da se sadržaj suve materije u prvim mesecima čuvanja povećava, a kasnije smanjuje. Veći prosečan sadržaj suve materije tokom čuvanja javlja se u plodovima koji potiču sa stabala zalivanih u deficitu. Da povećano zalivanje utiče na veći sadržaj kiselina kod plodova voćaka, uočili su i Brian *et al.* (2005) kod jabuke i Dos Santos (2007) kod vinove loze.

Uticaj rezidbe na kvalitet i trajanost plodova

Zimska rezidba je važna pomotenička mera koja se obavlja svake godine u periodu mirovanja biljaka počev od decembra pa do momenta kretanja vegetacije u martu ili aprilu mesecu. Osnovni zadaci redovne zimske rezidbe su: održavanje formiranog uzgojnog oblika, prosvjetljenje krune, regulisanje broja cvetnih pupoljaka na stablu i obnova rodnog drveta (formiranje rodnih pupoljaka u narednim godinama).

Zimskom rezidbom se broj cvetnih pupoljaka redukuje u određenoj meri. Broj cvetova koji ostaje na stablu nakon zimske rezidbe mora da bude znatno veći od broja plodova koji želimo da uberemo, jer je broj zametnutih plodova kod voćaka relativno mali i zavisi od više faktora (vrsta, sorta, kvalitet cvetova, prisustvo insekata, vremenski uslovi itd). Praksa je nesumljivo dokazala da je uticaj rezidbe na kvalitet (fizičke, nutritivne i senzorne osobine), transportabilnost i trajanost plodova voćaka) veoma značajan, zbog čega sve više autora kojiproučavaju ovu problematiku.

Saei et al. (2011) su kod jabuke sorte ‘Royal Gala’ gajene na Novom Zelandu proučavali uticaj intenziteta rezidbe na promenu čvrstoće plodova u toku čuvanja. Autori su uočili da je čvrstoća plodova u pozitivnoj korelaciji sa veličinom ploda, jer su u momentu berbe krupni plodovi bili neznatno čvršći od sitnih, ali ne i nakon čuvanja. Stepen i dinamika omekšavanja je manje-više slična, izuzev kod najsitnijih plodova, koji brže omekšavaju tokom druge faze. Milivojević et al. (2022) su komparativno ispitivali uticaj dva načina zimske rezidbe (sektorijalna i konvencionalna) kod borovnice sorte ‘Duke’ na promene u kvalitetu ploda i ukazali na pozitivan uticaj konvencionalne rezidbe na masu, dimenzije ploda, broj semenki u plodu i sadržaj ukupnih šećera, dok je u tretmanu sa sektorijalnom rezidbom zabeleženo značajno povećanje sadržaja ukupnih kiselina, ukupnih antocijana, derivata hidroksicimetnih kiselina, ukupnih flavonola i flavanola. Značaj povećanja sadržaja ukupnih kiselina može se povezati sa senzornim kvalitetom, ukusom i bojom pokožice ploda koja postaje intenzivnija sa većom kiselošću. Milivojević i Miletić (2021) ističu da odnos sadržaja rastvorljive suve materije (RSM) i ukupnih kiselina (UK) određuje kvalitet plodova borovnice za čuvanje. Na bazi ovog odnosa i inicijalnog kvaliteta plodova za čuvanje, Galletta et al. (1971) su podelili sorte u 3 klase: I) sorte sa vrednošću nižom od 18 – poseduju dobar kvalitet za čuvanje; II) sorte sa vrednošću između 18 i 32 – poseduju osrednji kvalitet za čuvanje i III) sorte sa vrednošću većom od 32 – imaju nizak kvalitet za čuvanje.

Kao dopuna zimskoj rezidbi, a kod pojedinih voćaka i kao osnovna, letnja rezidba ima ogroman uticaj na regulisanje rodnosti i poboljšanje kvaliteta plodova (Cline et al., 2008). Kod jabučastih voćaka letnju rezidbu treba primeniti nakon prestanka opasnosti od razvoja bakteriozne plamenjače, a kod koštičavih rezidbu ne treba izvoditi u kišnom periodu ili u uslovima velike vlažnosti vazduha, jer može doći do pojave gljivičnih i bakterioznih oboljenja (Maughan et al., 2017; Zhang et al., 2018).

Poredеći tri intenziteta letnje rezidbe uočeno je da umerena rezidba pozitivno deluje na bujnosc voćaka, dok je jaka rezidba imala značajniji uticaj na čvrstoću i sadržaj suve materije u plodu (Moatamed, 2012). Ogroman uticaj i značaj letnje rezidbe kod voćaka ogleda se i u poboljšanju svetlosnih uslova u kruni, što doprinosi poboljšanju fotosintetske aktivnosti listova, odnosno većoj sintezi ugljenih hidrata, boljoj obojenosti i kvalitetu plodova, slabijem rastu mladara, većem učinku radnika u berbi i boljim skladišnim sposobnostima plodova (Guerra and Casquero, 2010; Sosna 2010; Bussi and Plenet, 2012; Ikinci, 2014; Moale, 2015).

Rezidba kao pomotehnička mera se može primenjivati kako u kruni, tako i na podzemnom delu stabla voćke, odnosno njenom korenju, sa sličnim uticajima na kvalitet i trajanje plodova. Primena pomotehničke mere rezidbe korena kod jabuke je pozitivno uticala na smanjenje opadanja plodova i na povećanje čvrstoće mesa ploda. Ova mera usporava sazrevanje plodova, izraženo preko sadržaja skroba i proizvodnje etilena u momentu berbe. Takođe, pozitivno utiče i na povećanje suve materije u plodovima. Međutim, rezidba korena je negativno uticala na sadržaj K, Ca i Mg u plodu (Elfving et al., 1991).

Uticaj primene fitohormona na kvalitet i trajnost plodova

Biljni bioregulatori su hormoni ili hormonima slične supstance koje podstiču, inhibiraju ili utiču na biološke ili biohemiske procese u biljkama (Dussi, 2011). Oni imaju moćno regulatorno dejstvo na sve fiziološke i morfogenetske procese organizma, deluju u malim koncentracijama, a mesto sinteze i mesto delovanja su im različiti. Imaju osobinu da ista aktivna materija indukuje različit odgovor biljke u zavisnosti od vremena primene i korišćene koncentracije. U organizmu voćaka postoji pet tipova biljnih hormona (fitohormona). To su: auksini, giberelini, citokinini, etilen i apscisna kiselina. Pored prirodnih fitohormona, stvoren je i čitav niz sintetičkih fitohormona.

Sintetički fitohormoni se danas redovno primenjuju u proizvodnji voćaka, sa različitim ciljevima: da regulišu bujnost i rodnost voćaka, da pospešuju razvoj partenokarpnih plodova, sprečavaju prevremeno otpadanje plodova, proređuju plodove, kao i da poboljšaju kvalitet plodova. Najvažniji sintetički fitohormoni, koji utiču na kvalitet plodova, a samim tim i na njihovu trajnost su:

NAA (1-naftil sirétna kiselina), sintetički auksin, koristi se za proređivanje plodova, kao i za sprečavanje opadanja plodova pred berbu. Za sprečavanje opadanja plodova, NAA se koristi u koncentraciji od 20 do 40 ppm. Primenuje se jednokratno ili dvokratno sedam do dvadeset dana pred berbu. Utiče na povećanje sadržaja auksina u plodu, koji usporava formiranje apcisnog sloja. Curry (2006) ukazuju da tretiranje sorti jabuke Fuji i Crveni delišes nekoliko nedelja pre berbe sa NAA ispoljava pozitivne efekte na čvrstoću plodova tokom skladištenja. Yuan i Li (2008) navode da NAA pojačava produkciju etilena koji dovodi do omekšavanja plodova. NAA može da se koristi i za povećanje procenta oplodnje kod kruške. Najčešća korišćena doza je od 30 do 50 ppm u zavisnosti od sorte. Primenuje se u fazi kada je otvoreno 30% cvetova. Sintetički auksin takođe izaziva brži rast u fazi 1 i fazi 2, kao i dobru obojenost, ali ne utiče na konačnu veličinu ploda. To je naročito izraženo u uslovima nedovoljne vlažnosti kada plodovi mogu ostati sitni, ili pak pri preteranoj vlažnosti neposredno pred ili tokom sazrevanja, kada im pokožica pod naponom puca, usled čega im se kvalitet pogoršava i pod uticajem saprofitnih gljiva nastaje brzo truljenje.

Sintetički fitohormoni na bazi giberelina (giberelinska kiselina - GA) mogu da inhibiraju obrazovanje rodnih pupoljaka, da utiču na izduživanje plodova, koriste

se za sprečavanje pojave rđaste prevlake, za formiranje parterokapnih plodova, usporavaju sazrevanje plodova, povećavaju čvrstoću plodova, smanjuju gubitak hlorofila, utiču na veću krupnoću plodova i dr. Sa aspekta čuvanja, najveću ulogu giberelini imaju kada se koriste u cilju sprečavanja pojave rđaste prevlake. Rđasta prevlaka je plutasta prekrivka na površini ploda, koju biljka formira kao reakciju na oštećenja pokožice ili nekih nepravilnosti koji se javljaju u momentu formiranja ćelija pokožice. Plodovi koji imaju više rđaste prevlake, podložniji su većoj transpiraciji i takvi plodovi se kraće čuvaju. Pojava rđaste prevlake je genetski uslovljena, ali zavisi i od uslova spoljašnje sredine. Neke sorte su naročito osjetljive na pojavu rđaste prevlake, kao što je Zlatni delišes. Od uslova spoljašnje sredine, na pojavu rđaste prevlake, veliki uticaj može da ima velika vlažnost vazduha, kiša, mraz, patogeni, insekti, pesticidi. Najostljiviji period u razvoju ploda sa aspekta pojave rđaste prevlake je period intenzivne deobe ćelija to jest kada je plod veličine od 15 do 30 mm. Najčešće korišćeni giberelini su GA₃₋₇. Pored preparata na bazi giberelina, za sprečavanje rđaste prevlake koriste se i preparati na bazi kombinacije GA i sintetičkog citokinina benziladenina (BA). Sa primenom ovih preparata, treba početi pre perioda najveće osjetljivosti, u momentu precvetavanja, odnosno pri veličini ploda oko 4-5 mm. Nakon 7-10 dana, potrebno je obaviti još najmanje jedno tretiranje, a u uslovima povećane vlažnosti vazduha bar još jedan tretman više. Primena GA₃ (500 mg/l 17-19 nedelja posle punog cvetanja) usporava razvoj antocijana u pokožici ploda ove sorte (Awad and de Jager, 2002).

Giberelini utiču i na inhibiranje diferencijacije cvetnih pupoljaka. Uglavnom se koriste kod koštčavog voća u cilju formirmanje manjeg broja cvetnih pupoljaka, što za posledicu ima manji broj plodova naredne godine, ali i istovremeno njihovu veću krupnoću i čvrstoću. Primena giberelina je našla svoje mesto i kod breskve i nektarine. Breskva i nektarina su veoma osjetljive na oštećenja koja su izazvana niskim temperaturama skladištenja i dužinom čuvanja. Temperatura od 2-5 °C i period čuvanja od tri nedelje, kod velikog broja sorti ima za posledicu da plodovi postaju suvi, vunasti i bez soka ili da dolazi do unutrašnjeg tamnjena mesa i crvenila mezokarpa. U cilju sprečavanja vunastog izgleda ploda mogu da se koriste giberelini. Ispitivanja koje je vršio Zilkah et al. (1997), su pokazala da primena giberelina pre berbe značajno može da utiče na povećanje krupnoće i čvrstoće ploda u momentu berbe. Takođe, giberelini utiču na smanjenje procenta vunastih plodova nakon perioda čuvanja, kao i na povećanje sočnosti plodova.

Krupnoća ploda kod trešnje je najvažnija osobina koja određuje tržišnu vrednost ploda. Zhang i Whiting (2011) su svoja istraživanja usmerili na pokušaj da fitohormonima (regulatorima rasta) utiču na broj ćelijskih deoba i rast samih ćelija, i na taj način da povećaju krupnoću ploda. Giberelini, primjenjeni sami, uticali su na povećanje krupnoće ploda, odloženo sazrevanje i obojenost pokožice. Najefikasniji je bio GA₃ u koncentraciji od 200 mg/l, apliciran 9 dana nakon punog cvetanja. Trešnja tretirana sa GA₃ pokazuje manje rupičavosti, poremećaj koji se javlja posle iznošenja iz hladnjače, a uslovljen je ubojima napravljenim na plodovima tokom berbe. Kod nekih sorti trešnje primena GA₃ u koncentraciji 20 mg/l (početak faze II-

odrvenjavanje koštice) usporava sazrevanje podova, smanjuje pucanje plodova zbog dejstva kiše, povećava masu ploda i sadržaj rastvorljive suve materije (Usenik *et al.*, 2005). Sintetički fitohormoni inhibitori giberlina (retardanti) utiču na povećanje krupnoće ploda smanjenjem konkurenциje između plodova i vegetativnog rasta, ubrzavaju zrenje plodova i mogu da povećavaju otpornost plodova na niske temperature tokom skladištenja.

Najznačajni retardant koji se koristi u proizvodnoj praksi je Proheksadion-kalcijum (ProCa). Proheksadion-kalcijum je biljni regulator rasta koji usporava biosintezu giberelina, rast mladara, utičući na smanjenje bujnosti. Takođe, primećeno je da ovaj retardant rasta ima lokalno dejstvo. Ako se tretira samo vrh stabala, efekat će biti lokalizovan samo na vrh stabala. Najviše se upotrebljava u slučajevima velike bujnosti prouzrokovane rezidbom, visokim dozama azota, niskim rodom i dr. Često se koristi i za suzbijanje bakterijske plamenjače jabuke. Najbolji efekat se dobija ako se primeni u više navrata. Vreme prvog prskanja se poklapa sa periodom kada je terminalni prirast između 2 i 5 cm. Drugo prskanje je dve nedelje nakon prvog, a treće i eventualno četvrto, tri nedelje nakon prethodnog. Na ovaj način usled slabijeg rasta mladara, plodovi ranije i intenzivnije dobijaju dopunska boju, a sadržaj Ca u plodu je veći. U cilju regulacije bujnosti maline i kupine postoji i mogućnost kombinovane primene zakidanja prve serije mlađih izdanaka i hemijske regulacije bujnosti izdanaka koji se razvijaju u sledećoj seriji sa korišćenjem retardanta rasta ProCa (Poledica *et al.* 2012; Milivojević *et al.*, 2017). Poledica *et al.* (2012) navode da se primena ovog retardanta pokazala efikasnom u smanjenju vegetativnog rasta, povećanju prinosa i kvaliteta ploda sorte maline ‘Willamette’ i kao adekvatnu meru za uspostavljanje izbalansiranog odnosa vegetativnog i generativnog potencijala preporučuje primenu jednog zakidanja izdanaka u kombinaciji sa primenom ProCa na sledećoj seriji izdanaka dva puta u koncentracijama od 125 mg/l (prvi put) i 200 mg/l (drugi put). Kod kupine je ProCa ispoljio pozitivan efekat na kontrolu bujnosti sorte ‘Loch Ness’ primjenjen u koncentracijama od 100 mg/l (prvi put) i 200 mg/l (drugi put), bez ispoljenih negativnih efekata na visinu prinosa. Dodatno, primena ProCa je uslovila povećanje mase ploda i sadržaja rastvorljive suve materije u plodu kupine (Milivojević *et al.*, 2017). Kod obe pomenute vrste folijarna aplikacija ProCa se izvodila u periodu april-maj, u intervalu od 3 nedelje, odnosno prvi put kada mladi izdanci dostignu visinu do 30 cm.

Sintetički fitohormoni na bazi citokinina regulišu procese ćelijske deobe. U voćarstvu se najviše koristi 6-benziladenin (6-BA). Sa aspekta kvaliteta plodova i uticaja na kvalitet čuvanja, citokinini najveći značaj imaju prilikom proređivanja plodova. Proređivanje plodova značajno utiče na razvoj dopunske boje. Previše plodova u gronji (2-3) utiče na smanjenu obojenost. Razlog slabije obojenosti plodova leži u zasenjivanju plodova jedan od drugog ili usled konkurenциje između plodova u gronji za asimilatima potrebnih za dobijanje dopunske boje. Previše plodova u odnosu na broj listova utiče na slabije snabdevanje plodova sa ugljenim hidratima, što utiče na sitniji plod i njegovu slabiju obojenost. Iz tog razloga, smatra se da je potrebno najmanje 10-15 listova za ishranu jednog ploda.

Ethefon (2-hloretilfosfonska kiselina) je korišćen za povećanja dopunske boje kod nekih letnjih sorti jabuke. Ovaj fitohormon deluje tako što stimuliše proces sazrevanja u plodu, čime se unapređuje razvoj dopunske boje. Zbog ubrzanja dozrevanja, ovakvi plodovi nisu namenjeni za duže čuvanje ili za izvoz na daleka tržišta, već mogu da se plasiraju samo na lokalno tržište. Ethefon se uglavnom koristi u koncentracijama između 100 i 600 ppm, između jedne i tri nedelje pre berbe. Primena ethefona kod sorte jabuke ‘Jonagold’ (480 mg/l četiri nedelje pre očekivane berbe) podstiče sintezu antocijana, koji doprinose razvoju dopunske boje pokožice ploda. Korišćenjem niske koncentracije ethefona (75 ppm) u kombinaciji sa NAA 60 dana pre berbe, povećava se obojenost plodova bez uticaja na ubrzano dozrevanje plodova.

Amino ethoxy vinyl glycine (AVG) je inhibitor ACC synthase, prvog koraka u sintezi etilena u plodovima. Značajno smanjuje opadanje plodova pred berbu (Robinson *et al.*, 2010). Kao sporedni negativni efekat redukovana opadanja plodova izazvanih primenom AVG-a je odlaganje razvoja dopunske boje ploda, što se od strane brojnih proizvođača smatra velikim nedostatkom ovog sredstva.

Za uspešno sprečavanje opadanja plodova, a da se pri tome zadrži njihova čvrstoća, u poslednje vreme se dosta koristi posebna formulacija 1-MCP, namenjena za korišćenje u polju pre berbe (Yuan i Li, 2008). Primena 1-MCP redukuje sintezu etilena i usporava omekšavanje plodova nakon čuvanja. Kod nekih sorti jabuka, slabija obojenost plodova uzrokuje ozbiljne ekonomski gubitki proizvođačima. Taj problem je izražen i kod sorte ‘Cripps Pink’. Shafiq *et al.* (2011) su pokušali da tretirajem plodova sorte ‘Cripps Pink’ dve nedelje pre berbe sa metil-jasmonatom u različitim koncentracijama ispitaju uticaj ovog sintetičkog fitohormona na pojavu dopunske boje, odnosno sadržaj flavonoida u plodovima. U obe godine ispitivanja kvalitet ploda (čvrstoća, rastvorljive suve materije i ukupne kiseline) nisu značajno zavisile od primene metil-jasmonata. Na kraju, autori zaključuju da je kod jabuke sorte ‘Cripps Pink’ samo jedna primena metil-jasmonata u koncentraciji od 1,0-5,0 mM poboljšala obojenost plodova, uslovila veću akumulaciju ukupnih antocijana i flavonoida u pokožici ploda, a pri tom nije štetno uticala na promenu u kvalitetu ploda.

Uticaj berbe na kvalitet i trajanost plodova

Osnovni cilj berbe voća je prikupljanje plodova iz voćnjaka u optimalnom stepenu zrelosti uz minimalne gubitke i oštećenja. Uspeh berbe zavisi od niza činilaca kao što su: pravilno određivanje momenta berbe, pažnja sa kojom se berba odvija, pogodnost pomoćnog invertera za berbu, organizacije rada na berbi itd. Kada se plodovi voćaka potpuno razviju, dostigavši određenu sortnu veličinu, u njima se počinju odigravati veoma značajni fiziološko-biohemski preobražaji. Plod tada ulazi u fenofazu zrenja u kojoj prolazi kroz dva stepena zrelosti: najpre fiziološku (botaničku), a zatim punu (konzumnu) zrelost. Ovo se odnosi samo na klimakterične vrste voćaka koje imaju sposobnost dozrevanja, kao što je jabuka, kruška, breskva,

banana itd. Obzirom da se berba najčešće obavlja u zavisnosti od namene plodova, u praksi i stručnoj literaturi uveden je još jedan termin za objašnjenje stepena zrelosti – tzv. tehnološka zrelost. Tehnološka zrelost može biti između fiziološke i pune zrelosti. Ako su plodovi namenjeni za duže čuvanje ili za udaljeni transport, tehnološka zrelost je bliža fiziološkoj zrelosti. Ukoliko je namena plodova da se odmah koriste u svežem stanju, tehnološka zrelost je bliža punoj zrelosti ili se poklapa sa punom zrelošćuako se plodovi koriste za preradu. Stoga, stepen zrelosti ploda u momentu berbe predstavlja važan faktor koji određuje kvalitet ploda, njegovu transportabilnost i skladišnu sposobnost.

Zato je vrlo važno da se u svakom voćnjaku odredi optimalan rok berbe za svaku vrstu i sortu. Optimalni termin je u stvari srednji datum berbe. Početak i kraj berbe se određuju na osnovu procene prinosa, dinamike berbe, broja angažovanih ljudi i dr Kod nekih vrsta voćaka kao što je borovnica, plodovi generalno brzo sazrevaju i od momenta dobijanja plave boje pokožice za samo nekoliko dana razviju pun ukus i slast. Nedovoljno zreli plodovi su podložniji dehidrataciji i oštećenjima tokom rukovanja i skladištenja, i imaju inferioran kvalitet. Sa druge strane, prezreli plodovi su mekši i brašnjavi, sa bljutavim ukusom i kao takvi podložni su propadanju (Forney, 2009).

Kod jabučastog voća, prevremena berba je takođe štetna, jer plodovi ne postižu sortnu veličinu, karakterističnu boju, niti optimalan kvalitet. Pored toga plodovi koji se ranije oberu imaju tanju kutikulu i voštanu prevlaku usled čega više transpirišu. Kod ranije ubranih plodova u većoj meri mogu da se javе neka fiziološka oboljenja poput posmeđivanja pokožice (Erkan, 2004; Đurović, 2013). Zakasnela berba nije poželjna, jer može usloviti jače opadanje plodova, pojavu mehaničkih oštećenja i slabije skladišne sposobnosti plodova, uslovljene prvenstveno ranijim pojavljivanjem fizioloških bolesti, ponekad čak i na stablu (gorke pege, jonatanove pege, staklavost plodova i dr.), kao i većom pojavom gljivičnih oboljenja.

Mnogobrojna istraživanja autora ukazuju na značaj koji vreme berbe ima na osobine ploda izražene preko krupnoće i čvrstoće ploda, sadržaja skroba, sadržaja rastvorljive suve materije, ukupnih kiselina, aromatičnih materija i sl. (Plestenjak et al., 1994; Valiuškajte et al., 2006; Kvikliene et al., 2009; Mangnaris et al., 2008; Kvikliene et al., 2010; Shafiq et al., 2011; Milivojević et al., 2011; Stanlej et al., 2013; Milivojević et al., 2016). Fellman et al. (2003) su istraživali uticaj vremena berbe na kvalitet jabuke sorte Redčif i utvrdili da kasnije branje plodova utiče na smanjenje čvrstoće plodova, povećanje sadržaja RSM i smanjenje sadržaja kiselina. Takođe sazrevanjem plodova smanjuje se i sadržaj skroba u plodovima, što je uslovljeno povećanjem skrobnog indeksa.

Kod remontantnih sorti maline zahvaljujući dugom periodu zrenja, koji traje od jula do oktobra meseca, postoji izraženo variranje u kvalitetu ploda između letnje i jesenje berbe. Milivojević et al. (2011) ističu da se veća krupnoća ploda dobija u letnjoj berbi, dok se bolji nutritivni kvalitet ploda uključujući veći sadržaj RSM, ukupnih kiselina, ukupnih fenola i antioksidativni kapacitet ploda ostvaruju u jesenjoj berbi, što takođe potvrđuje da je bolji kvalitet ploda maline često povezan sa

negativnim agronomskim svojstvima jer su u ovom istraživanju najsitniji plodovi ispoljili najveću nutritivnu vrednost.

Da bi se sprečile posledice prerane, odnosno prekasne berbe, u praksi se koristi veći broj metoda za određivanje stepena zrelosti plodova i optimalnog roka berbe. Najznačajnije metode su jedno-skrobni test, čvrstoća mesa ploda, sadržaj rastvorljive suve materije i kombinacija ovih metoda (index zrelosti po Štrajfu). Jedno-skrobni test se zasniva na činjenici da se sa zrenjem smanjuje količina skroba u plodu. Skrob hidrolizom prelazi u šećere, najpre u maltozu, zatim u glukuzu i fruktozu. Ovo postepeno isčeščavanje skroba koristi se kao znak za određivanje optimalnog roka berbe. Čvrstoća mesa ploda zavisi od pektina. Protopektin u toku sazrevanja pod dejstvom enzima protopektinaze prelazi u rastvorljivi pektin i pektinsku i pektininsku kiselinu, pri čemu plod omekšava. Za merenje čvrstoće ploda koriste se penetrometri. Vreme berbe se može određivati i na osnovu količine rastvorljivih suvih materija ili šećera, odnosno njihovog odnosa sa kiselinama. Količina rastvorljive suve materije se određuje ručnim refraktometrom. Ovaj metod nije pouzdan jer je hemijski sastav voća vrlo varijabilan i uslovljen mnogim faktorima, a ne samo stepenom zrelosti plodova. U praksi se često koristi kombinacija više testova za određivanje optimalnog momenta berbe. Jedan od tih testova se naziva test po Štrajfu (Strejifu) i određuje se pomoću sledeće formule: ($\text{čvrstoća mesa ploda kg/cm}^2$) / (jedno skrobni test 1-10) x (sadržaj rastvorljive suve materije %).

Jedan od važnih kriterijuma koji uslovjavaju kvalitet i vrednost plodova, a koji u velikoj meri zavisi od momenta berbe je i promena osnovne i razvoj dopunske boje, što je od posebnog značaja kod koštičavih i jagodastih voćaka. Svi plodovi imaju osnovnu boju, a prisustvo i intenzitet dopunske boje zavisi od sorte, klimatskih uslova i primenjene agro i pomotehnike. Osnovna boja pokožice plodova može biti zelena i žuta, odnosno različite nijanse navednih boja. Zelena boja potiče od pigmenata hlorofila *a* i *b* i oni se nalaze u odnosu 3:1. Prisutni su u pokožici ploda, a kod mlađih plodova i u mesu. Žuta boja ploda potiče od pigmenata karotenoida. Osnovna boja pokožice ploda je u visokoj korelaciji sa zrelošću plodova, te se u znatnoj meri koristi za određivanje momenta berbe plodova. Nekoliko nedelja pred berbu, hlorofil počinje da se razgrađuje i postepeno se pojavljuju drugi pigmenti koji su bili maskirani (karoteni, ksantofili), te se osnovna boja pokožice menja od zelene do raznih nijansi žute boje. Na degradaciju hlorofila najviše utiče promena pH vrednosti ploda i oksidativni procesi. Razgradnja je brža u plodovima na stablu i u toplim prostorijama nego u hladnjači.

Dopunska boja ploda u zavisnosti od vrste i sorte može biti crvena, plava, narandžasta. Crvena i plava boja ploda zavise od prisustva pigmenta antocijana i pH vrednosti ploda. U nezrelim plodovima gde je više kisela sredina, antocijani su crvene boje dok u zrelim, koji predstavljaju alkalnu sredinu, antocijani prelaze u plavu boju. Antocijani se naglo nakupljaju pred berbu. Količina pokrovne boje se najintenzivnije povećava nekoliko nedelja pred zrenje i u toku same berbe. Na razvoj dopunske boje, osim sorte, veliku ulogu imaju ekološki uslovi, kao i primenjena agro

i pomotehnika. Crvena boja ploda jabuke se razvija usled stvaranja antocijana u pokožici ploda. Razvoj antocijana u velikoj meri zavisi od svetlosti i temperature. Kritičan period za dobijanje dopunske boje je dve do tri nedelje pred berbu. Optimalna temperatura za formiranje crvene boje varira između sorti, ali se generalno kreće između 24 i 27 °C. Za dobar razvoj dopunske boje, veoma su važne noćne temperature, koje ne bi smeće da prelaze 18 °C. Međutim ako posle prohладnih noći, nastupe visoke dnevne temperature od preko 30 °C, razvoj dopunske boje će biti usporen. Određivanje optimalnog momenta berbe na osnovu promene dopuske boje nije najpogodnije, jer na razvoj dopunske boje, pored stepena zrelosti utiče i primenjena agro i pomotenika, kao i ekološki uslovi koji vladaju u periodu dozrevanja plodova. Količina antocijana može se povećati u plodovima i nakon berbe kod jabuke, ako ubrani plodovi ostanu u voćnjaku. U hladnjači se ne povećava količina antocijana u plodovima zbog nedostatka svetlosti. Pored svih prethodno pomenutih faktora, način rukovanja plodovima u toku i posle berbe ima presudan uticaj na kvalitet ploda i njegovu skladišnu sposobnost. Plodovi su veoma osjetljivi na mehanička oštećenja usled čega se lako povređuju. Modrice se pojavljuju kao unutrašnje tamnjenje mesa na oštećenom plodu usled raspadanja tkiva i oksidacije fenolnih komponenti. Mesta ozlede mogu biti brojna, posebno pri mehanizovanoj berbi jagodastog voća i operacijama rukovanja plodovima posle berbe (Milivojević i Milićić, 2021).

Literatura

- Awad, A.M., de Jager, A. 2002. Formation of flavonoids, especially anthocyanin & chlorogenic acid in ‘Jonagold’ apple skin: influences of growth regulators & fruit maturity. *Scientia Horticulturae*, 93: 257-266.
- Brian, G.L., Horst, W. C., Cristoti, A. R., Preston, K. A. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of „Fuji“ apples in a semi-arid climate. *Irrigation Science Journal*, 24: 85-99.
- Bussakorn, S., Mplelasoka, M., Behboudion, H., Ganesh, S. 2001. Fruit quality attributes and their interrelationships of «Braeburn» apple in response to deficit irrigation and to crop load. *Gartenbauwissenschaft*, 66(5): 247-253.
- Bussi, C., Plenet, D. 2012. Effects of centrifugal pruning on agronomic performance and fruit quality in a medium-maturing peach cultivar. *European Journal of Horticultural Science*, 77(3): 129–136.
- Casero, T., Torres, E., Alegre, S., Recasens, I. 2017. Macronutrient accumulation dynamics in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition*, 40(17): 2468-2476.
- Cline, J.A., Embree, C.G., Hebb, J., Nichols, D.S. 2008. Performance of prohexadione-calcium on shoot growth and fruit quality of apple - effect of spray surfactants. *Canadian Journal of Plant Science*, 88: 165-174.
- Conway W. S., Sams, C. E., Hickey K.D. 2002. Pre-and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Horticulturae*, 594: 413-419.
- Cuquel, F.L., Motta, A.C., Tutida, I., De Mio, L.L. 2011. Nitrogen and potassium fertilization affecting the plum postharvest quality. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 328-336.

- Curry, E.A. 2006. Changes in ripening physiology of «Deliciosusu» and «Fuji» apples treated preharvest with NAA. *Acta Horticulturae*, 727: 481-488.
- Deckers, T., Daemen, E., Lemmens, K., Missotten, C. 1997. Influence of foliar applications of Mn during summer on the fruit quality of Jonagold. *Acta Horticulturae*, 448: 467-474.
- Dos Santos, T.R., Lopes, C.M., Rodrigues M.L. de Souza, C.R., I. S. Silva, Maroco, I.P., Pereira I.R.I., Chaves M.M. 2007. Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines. *Scientia Horticulturae*, 112: 321-330.
- Đurović, D., Mratinić, E., Đorđević, B., Milatović, D., Zec, G., Đurović, S. 2013. Influence of diphenylamine and harvest date on quality of apple fruit storage. II International symposium and XVIII Scientific conference of agronomists of Republic of Srpska, Trebinje, Bosnia and Herzegovina, 26-29. March 2013, pp. 267-268.
- Đurović, D. 2011. Uticaj obezbeđenosti zemljišta vodom na biološke osobine jabuke (*Malus domestica* Borch.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Đurović, D. 2019. Posebno voćarstvo 1 – Jabučaste voće. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Dussi, M.C. 2011. Sustainable use of plant bioregulators in pear production. *Acta Horticulturae*, 909: 353-368.
- Elfving, D.C., Lougheed, E.C. and Cline, R.A. 1991. Dominozide root pruning trunk scoring and trunk ringing effects on fruit ripening and storage behavior of «Mc Intosh» apple. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, 116(2): 195-200.
- Erkan, M., Pekmezci, M. 2004. Harvest date influences superficial scald development in „Granny Smith“ apples during long term storage. *Turkish Journal for Agriculture and Forestry*, 28: 397-403.
- Erogul, 2014. Effect of preharvest calcium treatments on sweet cherry fruit quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 42(1): 150-153.
- Foney, C.F. 2009. Postharvest issues in blueberry and cranberry and methods to improve market-life. *Acta Horticulturae*, 810 (2): 785-798.
- Galletta, G.J., Ballinger, W.E., Monroe, R.J., Kushman, L.J. 1971. Relationship between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 86: 758-762.
- Ganie, M., Akhter, F., Bhat, M., Malik, A., Junaid, J., Abas Shah, M., Bhat, H., Bhat, T. 2013. Boron – a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits. *Current Science*, 104(1): 76-85.
- Guerra, M., Casquero, P.A. 2010. Summer Pruning: An Ecological Alternative to Postharvest Calcium Treatment to Improve Storability of High Quality Apple cv. ‘Reinette du Canada’. *Food Science and Technology International*, 16(4): 343-350.
- Hanson, E.J., Hancock, J.F. 1996. Managing the Nutrition of Highbush Blueberries. Bulletin E-2011. Michigan State University Extension, East Lansing, Michigan.
- Hart, J., Strik, B., White, L., Yang, W. 2006. Nutrient management for blueberries in Oregon. Oregon State Univ. Ext. Serv. Publ. EM 8918.
- Ikinci, A. 2014. Influence of pre- and postharvest summer pruning on the growth, yield, fruit quality, and carbohydrate content of early season peach cultivars. *The Scientific World Journal*: 1-8.

- Karlidag, H., Esitken, A., Turan, M., Atay, S. 2017. The effects of autumn foliar applications of boron and urea on flower quality, yield, boron and nitrogen reserves of apricot. *Journal of Plant Nutrition*, 40(19): 2721-2727.
- Kilili, A.W., Behboudian, M.H., Mills, T.M. 1996. Composition and quality of «Breaborn» apples under reduced irrigation. *Scientia Horticulturae*, 67: 1-11.
- Kvikliene, N., Kvyklis, D., Sasnauscas, A. 2010. Effect of plant growth regulators on apple fruit preharvest drop and quality. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Resarch*, 18(2): 79-84.
- Kvikliene, N., Valiuškaite, A. 2009. Influence of maturity stage on fruit quality during storage of «Shampion» apples. *Scientific works of the Lithuanion Institute of Horticulture* 28(3): 117-123.
- Lee, J., Dalton, D., Swoboda-Bhattarai, K., Bruck, D., Burrack, H., Strik, B., Woltz, M., Walton, V. 2016. Characterization and manipulation of fruit susceptibility to *Drosophila suzukii*. *Journal of Pest Science*, 89(3): 771-780.
- Leib, G. B., Caspari W. H., Redella A. C., Andrews K. P., Jarbo J. J. 2005. Partial rootzone drying and deficit irrigation of «Fuji» apple on a semi-arid climate. *Irrigation Science Journal*, 24: 85-89.
- Manganaris, G.A., Vicente, A.R., Crisosto, C.H. 2008. Effect of pre-harvest and post-harvest conditions and treatmens on plum fruit quality. *CAB Reviews perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Naturae Resources* 3, (009): 1-10.
- Maughan, T., Black, B., Roper, T. 2017. Training and Pruning Apple Trees. *Horticulture, Extension*, UtahState University, USA.
- Milatović, D. 2019. Šljiva. Naučno voćarsko društvo Srbije, Čačak.
- Milivojević, J. 2022. Jagodaste voćeke. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet i AgroNet – Centar za obrazovanje i istraživanja.
- Milivojević, J., Boškov, Đ., Radivojević, D., Maksimović Dragišić, J., Milosavljević, D., Veberič, R., Mikulić Petkovšek, M. 2022. Uticaj sektorijalne rezidbe na produktivnost, vegetativni rast i kvalitet ploda sorte borovnice „Duke“ (*Vaccinium corymbosum* L.) gajene u supstratu. Zbornik apstrakata 16. Kongresa voćara i vinogradara Srbije sa međunarodnim učešćem, Vrdnik, Republika Srbija, 28. Februar– 3. Mart 2022: 150-151.
- Milivojević, J., Miletić, N. 2021. Borovnica. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet i AgroNet – Centar za obrazovanje i istraživanja.
- Milivojević, J., Radivojević, D., Dragišić Maksimović, J., Veberič, R., Mikulić-Petkovšek, M. 2017. Does plant growth and yield affected by Prohexadione Ca cause changes in chemical fruit composition of 'Loch Ness' and 'Triple Crown' blackberries? *European Journal of Horticultural Science*, 82(4): 190-197.
- Milivojević, J., Radivojević, D., Nikolić, M., Dragišić Maksimović, J. 2016. Changes in fruit quality of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) during the ripening season. *Acta Horticulturae*, 1139: 657-664.
- Milivojević, J., Nikolić, M., Radivojević, D., Poledica, M. 2011. Does harvest time influence fruit quality traits in primocane fruiting raspberry cultivars? Proceedings. 46th Croatian & 6th International Symposium on Agriculture. Opatija, Croatia: 1036-1039.
- Moale, C. 2015. Applying summer pruning to the apricot tree cultivars from the R.S.F.G. Constanța. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 49: 71-74.
- Moatamed, A.M.H. 2012. Effect of summer pruning on vegetative growth, yield and fruit quality of "Le-Conte" pear trees. *Journal of American Science*, 8(12): 640-647.

- Mpelasoka, B.S., Behboudian, M.H., Mills, T.M. 2001. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and Quality of «Braeburn» apple. *Scientia Horticulturae*, 90: 279-290.
- Mratinić, E., Đurović, D. 2015. Biološke osnove čuvanja voća. Partenon i Vibeko agrar, Beograd.
- Plestenjak, A., Hribar, J., Vidrih, R., Simić, M. 1994. Optimum harvest date and post storage quality of apples. *Acta Horticulturae*, 368, (93): 641-645.
- Poledica, M., Milivojević J., Radivojević, D., Dragišić Maksimović, J. 2012. Prohexadione-Ca and young cane removal treatments control growth, productivity, and fruit quality of the "Willamette" raspberry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 680-687.
- Retamales, J.B., Arredondo, G. 1995. Calcio en arandano (Calcium in blueberry). In: Yuri, J.A. and Retamales, J.B. (eds) *Calcio en Fruticultura (Calcium in Fruit Culture)*. Universidad de Talca, Escuela de Agronomía, Talca, Chile, pp. 129-141.
- Robinson, T. Hoying, S. Iungerman, K., Kviklys, D. 2010. AVG combined with NAA control pre-harvest drop of 'McIntosh' apples better than either chemical alone. *Acta Horticulturae*, 884: 343-350.
- Saei, A., Tustin, D.S., Zamani, Z., Hall, A.J. 2011. Cropping effects on the loss of apple fruit firmness during storage: The relationship between texture retention and fruit dry matter concentration. *Scientia Horticulturae*, 130: 256-265.
- Shafiq, M., Singh, Z., Khan, S.A. 2011. Delayed harvest and cold storage period influence ethylene production, fruit firmness and quality of «Cripps Pink» apple. *International Journal of Food Sciece and Technology*, 46: 2520-2529.
- Shafiq, M., Singh, Z., Khan, S.A. 2011. Pre-harvest spray application of methyl jasmonate improves red blush and flavonoid content in «Cripps Pink» apple. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86: 422-430.
- Soljhoo, S., Gharaghani, A., Fallahi, E. 2017. Calcium and potassium foliar sprays affect fruit skin color, quality attributes, and mineral nutrient concentrations of 'Red Delicious' apples. *International Journal of Fruit Science*, 358-373.
- Sosna, I. 2010. Effect of pruning time on growth, blooming and content of chemical constituents in leaves of four early ripening plum cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18: 151-160.
- Stanley, J., Prakash, R., Marshall, R., Schröder, R. 2013. Effect of harvest maturity and cold storage on correlations between fruit properties during ripening of apricot (*Prunus armeniaca*). *Postharvest Biology and Technology*, 2: 39-50.
- Usenik, V., Kastelec, D., Stampar, F. 2005. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chemistry*, 90: 663-671.
- Valiuškaite, A., Kvikliene, N., Kviklys, D., Lanauskas, J. 2006. Post-harvest fruit rot incidence depending on apple maturity. *Agronomy Research*, 4: 427-431.
- Wójcik, P., Lewandowski, M. 2003. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of "Elsanta" strawberry. *Journal of Plant Nutrition*, 26(3): 671-682.
- Yuan, R., Li, J. 2008. Effect of sprayable 1-MCP, AVG, & NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, & quality of 'Delicious' apples. *HortScience*, 43(5): 1454-1460.
- Zaliha W.S.W., Singh Z. 2010. Fruit quality and postharvest performance of „Cripps Pink“ apple in relation to withholding irrigation. *Acta Horticulturae*, 877: 147-154.
- Zhang, C., Whiting, D.M. 2011. Improving «Bing» sweet cherry fruit Qualitu Withg plant growth regulators, *Scientia Horticulturae* 127, 341-346.

- Zhang, L., Koc, A.B., Wang, X.N., Jiang, Y.X. 2018. A review of pruning fruit trees. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 153(62): 20-29.
- Zilkah, S., Lurie, S., Ben Arie, R., Antman, S., David, I., Zuthi, Y., Lapsker, Z., 1997. Preharvest sprays of gibberellin on Flamekist nectarine trees to improve fruit storage potential. Journal of Horticultural Science 72, 355–362.

APPLICATION OF MODERN CULTURAL PRACTICES IN FRUIT PRODUCTION TO IMPROVE FRUIT QUALITY AND SHELF LIFE

Dejan Đurović, Jasminka Milivojević, Boban Đorđević

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Zemun, Republika Srbija
E-mail: dejan.djurovic@agrif.bg.ac.rs

Summary

In addition to adequate storage conditions, fruit quality and its shelf life are greatly affected by biological characteristics of the species and varieties, ecological conditions, nutrition, irrigation, application of plant growth regulators, as well as the method and optimal time of harvesting. Nuts and late ripening pome varieties are stored the longest. The calcium content in the fruit has the greatest influence on increasing its shelf life, while the application of bioregulators has a significant impact on improving fruit organoleptic properties, slowing down ripening, changes in nutritional traits and preventing fruit drop. A proper harvest has a decisive influence on improving shelf life and maintaining of the fruit quality.

Key words: shelf life, nutrition, irrigation, pruning, bioregulators, harvest.

INTERAKCIJA IZMEĐU MOMENTA BERBE I SISTEMA SKLADIŠENJA U POGLEDU TRAJAŠNOSTI I SPREČAVANJA GUBITKA KVALITETA PLODA

Angelo Zanella i Ines Ebner

Istraživački centar Laimburg, Italija

E-mail: Angelo.Zanella@laimburg.it

Izvod. Na osnovu rezultata dobijenih tokom istraživanja koja su sprovedena u Lajmburškom eksperimentalnom centru, akcenat u ovom radu je stavljen na važnost poštovanja momenta berbe i uticaj stepena zrelosti ploda tokom berbe na kvalitet i zdravstvenu ispravnost plodova jabuke tokom dugotrajnog skladištenja

Ključne reči: moment berbe, zdravstvena ispravnost plodova.

Uvod

U poređenju sa drugim voćnim vrstama, plodovi jabuke imaju najveći potencijal skladištenja. Plodovi nekih sorti, kao što je, na primer, Zlatni Delišes, mogu da se čuvaju više od 12 meseci, uz održavanje zadovoljavajućeg kvaliteta.

Sposobnost dugog čuvanja plodova jabuke proizilazi uglavnom iz dve njihove osnovne karakteristike: 1) plodovi jabuke pripadaju grupi klimakteričnog voća, što znači da nastavljaju proces dozrevanja čak i nakon berbe; 2) plodovi jabuke imaju umerenu respiratornu aktivnost, pa stoga metabolički procesi koji izazivaju njihovo starenje ne napreduju prebrzo.

Precizno određivanje momenta za početak berbe je ključno za optimalno skladištenje plodova jabuka. Oni nastavljaju dozrevanje i nakon berbe. Ova pojava se javlja samo kod klimakteričnih vrsta voćaka, kao što su jabuka, kruška, breskva ili banana. Vreme berbe utiče na potencijalno trajanje skladištenja. Ako se plodovi jabuke beru kasno, javlja se prezrelost, plodovi su previše meki (brašnjave, trule), neukusni i imaju tendenciju da pocrne. S druge strane, preterano rana berba dovodi do toga da su plodovi nedovoljno razvijeni, slabije obojenosti i lošeg kvaliteta.

Optimalni momenat berbe, u cilju dugotrajnog skladištenja plodova, javlja se kad plod postigne svoju maksimalnu krupnoću, kad je semenka sposobna da klijira (fiziološka zrelost), neposredno pre nego što nastupi klimakterički proces, odnosno pojačano disanje i proizvodnja etilena (hormona sazrevanja). U ovoj fazi plodovi su potpuno razvijeni, ali su nepodesni za konzumiranje zbog toga što se parametri koji određuju konzistenciju, ukus i aromu tek uspostavljaju.

Tokom zrenja plodova jabuke, skrob se hidrolizuje u šećere, meso ploda postaje mekše zahvaljujući depolimerizaciji komponenti srednje lamele, kao što su pektini i hemiceluloze, smanjuje se kiselost, dolazi do degradacije polifenola i formira se aroma karakteristična za svaku sortu. Spolja se može primetiti blagi rast ploda, osnovna boja se menja od zelene do žute zbog razgradnje hlorofila i sinteze karotenoida; crveno rumenilo tipično za mnoge genotipove pojavljuje se zahvaljujući sintezi antocijanina (naročito cijanidin 3-galaktozida); lenticelle podležu procesu subernifikacije i može se formirati tanak epikutikularni voštani sloj.

U ovoj fazi, biljni hormon etilen indukuje ili ubrzava procese sazrevanja jabuke i stimuliše dalju biosintezu istog hormona. Etilen ne utiče samo na plod u kojem se proizvodi, već deluje, zahvaljujući gasovitom obliku, i na ostale plodove koje se nalazi u blizini.

Plodovi koji se šalju na skladištenje u ovom stanju mogu postići dobar nivo kvaliteta tokom i nakon skladištenja.

Metode za određivanje stepena zrelosti

Da bi se odredio optimalan momenat berbe, potrebno je pažljivo posmatrati proces sazrevanja plodova. U tu svrhu, nekoliko nedelja pre predviđenog početka berbe, biraju se reprezentativne biljke iz celog zasada, od kojih se uzimaju uzorci standardnim metodama. Ovaj postupak se ponavlja u redovnim vremenskim intervalima da bi se posmatrao proces sazrevanja plodova..

Najčešće primenjivana metoda za određivanje fiziološkog stepena zrelosti, zasniva se na razgradnji skroba. Skrob koji se nalazi u voću posle uranjanja u rastvor joda (plavo-crna boja) menja boju i zatim se dobijena boja upoređuje, od strane specijalizovanog osoblja, sa serijom fotografija. Za različite voćarske okruge u svetu definisane su različite skale procene, ali je njihova interpretacija identična.

Takođe, karakteristike sazrevanja plodova, određuju se i laboratorijski, merenjem tvrdoće ploda penetrometrom i organoleptičkih osobina, merenjem sadržaja šećera i kiselina u plodu.

Saradnici Lajmburškog eksperimentalnog centra napravili su neke tabele koje za svaku sortu prikazuju optimalne vrednosti skroba, tvrdoće i kvaliteta. Ovi podaci se svake godine ažuriraju i integrišu sa novim podacima za najvažnije sorte koje se uzgajaju u Južnom Tirolu.

Međutim, vrednosti koje se odnose na skrob treba dodatno tumačiti. Izuzetno visok prinos, loš kvalitet lisne mase ili veoma nepovoljni vremenski uslovi mogu dovesti do spore razgradnje skroba u plodu. Ovo uzrokuje prisustvo viših vrednosti skroba u plodovima. Naravno, ove vrednosti ne odgovaraju stvarnom stepenu zrelosti tih plodova. Poredenjem sa vrednostima sadržaja šećera (moguće sa Streif indeksom, koji takođe uzima u obzir informacije o tvrdoći ploda), moguće je izbeći greške u tumačenju. Takođe je važno držati tvrdoću i osnovnu boju ploda pod stalnim nadzorom.

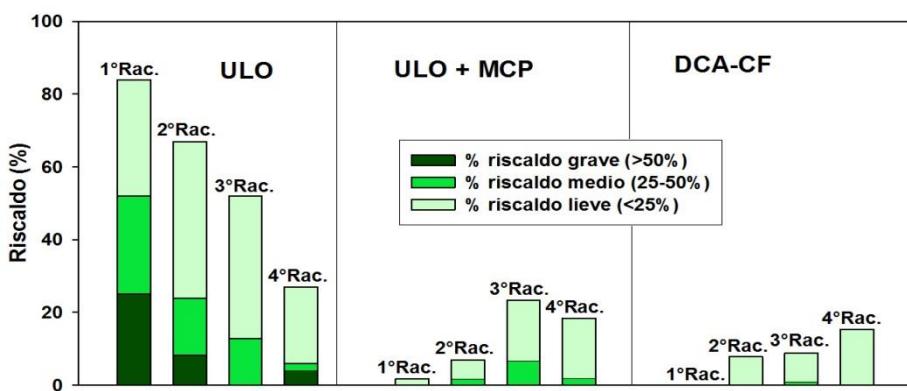
Eksperimentalni centar Laimburg već nekoliko godina se bavi potragom za alternativnim metodologijama za određivanje stepena zrelosti i kvaliteta jabuka, koje se zasnivaju na različitim optičkim, nedestruktivnim tehnologijama. Između ostalih, testiraju se i uređaji koji su u stanju da utvrde degradaciju hlorofila i za crvene jabuke, dajući na taj način indikaciju napredovanja zrenja.

Rana berba – posmedivanje pokožice

Prerano ubrani plodovi su sitniji u odnosu na standardne norme veličine i zbog lošeg kvaliteta i neobojenosti su neprivlačni za potrošača. Pored toga ukus je neodgovarajući, a plodovi suposebno osetljivi na posmeđivanje pokožice (scald). Posmeđivanje pokožice nastaje tokom skladištenja uglavnom na strani koja nije izložena suncu i koja uzrokuje veoma neprivlačan izgled plodova, što ih čini neupotrebljivim na tržištu svežeg voća.

Neke važne sorte, kao što su Granni Smith, Red Delicious ili Cripps Pink/Pink Ladi®, su veoma osetljive na posmeđivanje pokožice i u eksperimentalnom centru Laimburg, mnogo je rađeno na sprečavanju pojave ove fiziološke bolesti.

Rezultati testa tokom kojeg su plodovi sorte Crveni Delišes brane u različitim fazama zrelosti i nakon toga čuvane 6 meseci u različitim uslovima skladištenja i nakon toga držane 7 dana na 20°C (rok trajanja), potvrđuju veću osetljivost plodova na posmeđivanje pokozice u slučaju veoma rane berbe. Procenat oštećenih plodova značajno je opadao, kod onih plodova koji su ubrani u četvrtoj berbi (grafikon 1).



Grafikon 1. Uticaj momenta berbe na pojavu posmeđivanja pokožice kod sorte Crveni Delišes nakon 6 meseci u ULO skladištu (sa i bez tretmana sa 1-MCP) ili u hladnjaci sa dinamičkom atmosferom (DCA-CF) i nakon 7 dana čuvanja na temperaturi 20 °C.

Zahvaljujući inovativnim metodama skladištenja, koje obezbeđuju izuzetno nizak nivo kiseonika (DCA-CF) od onih u standardnoj ULO atmosferi, i mogućnosti da se nakon berbe pribegne tretmanu 1-MCP (npr. SmartFresh®) koji usporava zrenje moguće je sa dobrim uspehom držati pod kontrolom pojavu posmeđivanja pokožice, pod uslovom da se plodovi ne beru prekasno (grafikon 1).

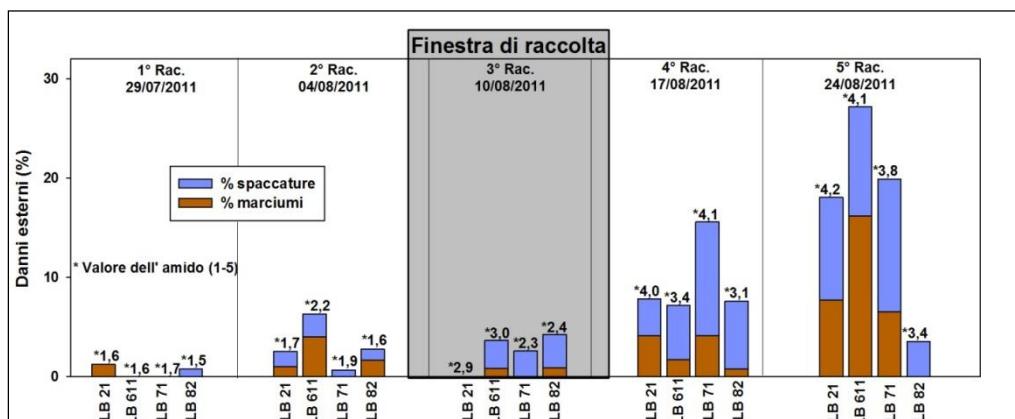
U poređenju sa preterano ranom berbom, produžena i prekasna berba izaziva mnogo više problema u pogledu održavanja kvaliteta tokom skladištenja.

Kasna berba – smanjena skladišna sposobnost

Plodovi ubrani u punoj zrelosti (maksimalno razvijen ukus i aroma) više nisu pogodni za dugo skladištenje, jer zbog progresivnog dozrevanja plodovi brzo propadaju, e postaju mekani i lako trunu. U zavisnosti od sorte, mogu poprimiti i "masni" izgled. Često se na pokožici pojave pukotine nastale prezrelošću, što pogoduje prodiranju agenasa truljenja i može dovesti do velikih gubitaka.

Test obavljen sa sortom Gala jasno potvrđuje kontinuirano smanjenje roka trajanja jabuka u uslovima kasnije berbe. Na četiri ogledna polja Lajmburškog poljoprivrednog eksperimentalnog centra berba je obavljena u 5 prolaza, na nedeljnjenom nivou: prva dva prolaza su očigledno bila prerana, a poslednja dva prekasna; samo treći prolaz je bio unutar preporučenog okvira za berbu. Jabuke su čuvane u ULO hladnjaci 4 meseca i još 7 dana na temperaturi od 20°C. Na ovaj način je simuliran put od izlaska plodova iz hladnjače do potrošača.

Kasno ubrani plodovi jabuke, van optimalnog roka za berbu, već su posle relativno kratkog perioda skladištenja (4 meseca) pokazali značajna oštećenja pokožice (grafikon 2), sa posledičnim stvaranjem truleži.



Grafikon 2. Uticaj momenta berbe na spoljašnja oštećenja plodova (pukotine i trulež) kod sorte Gala posle 4 meseca skladištenja u ULO komori i nakon 7 dana čuvanja na temperaturi 20 °C.

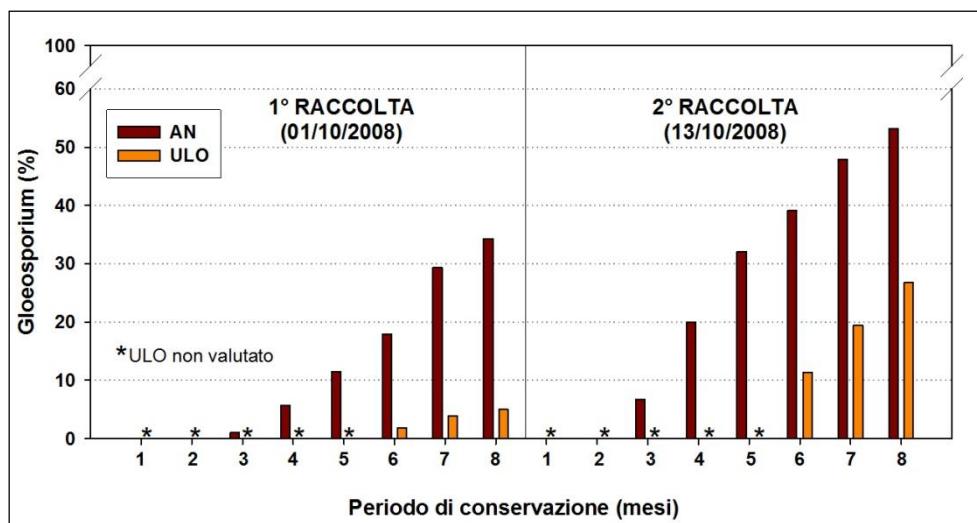
Pojavu pukotina na pokožici, koja se često javlja kod sorte Gala, mogu uzrokovati obilne padavine ili višak vode pri navodnjavanju, ali može biti i simptom prezrelosti.

Prerano ubrani plodovi, kao i oni ubrani u okviru optimalne berbe, s druge strane, pokazali su manje gubitke zbog napuklih ili trulih plodova.

Stepen zrelosti utiče na osjetljivost na trulež

Ispitivanje koja su vršena sa sortom Pinova bolje objašnjavaju vezu između momenta berbe i načina skladištenja, s obzirom na osjetljivost na trulež.

Pinova je sorta, čiji su plodovi veoma osjetljivi na trulež koju izaziva gljiva *Gloeosporium*. Infekcija se odvija u zasadu, a pogoduje joj visoka vlažnost i produženo vlaženje. Međutim, simptomi se javljaju u komorama za skladištenje tek nakon dužeg čuvanja, kada voće dostigne određenu fazu zrelosti. Grafikon 3 pokazuje jasnu razliku između dva datuma berbe, ali i između primenjenih tehnologija skladištenja.



Grafikon 3. Uticaj momenta berbe na pojavu truleži izazvane gljivom „*Gloeosporium*“ na plodovima kod sorte Pinova, koji su čuvani u hladnjaci sa normalnom atmosferom i u ULO hladnjaci.

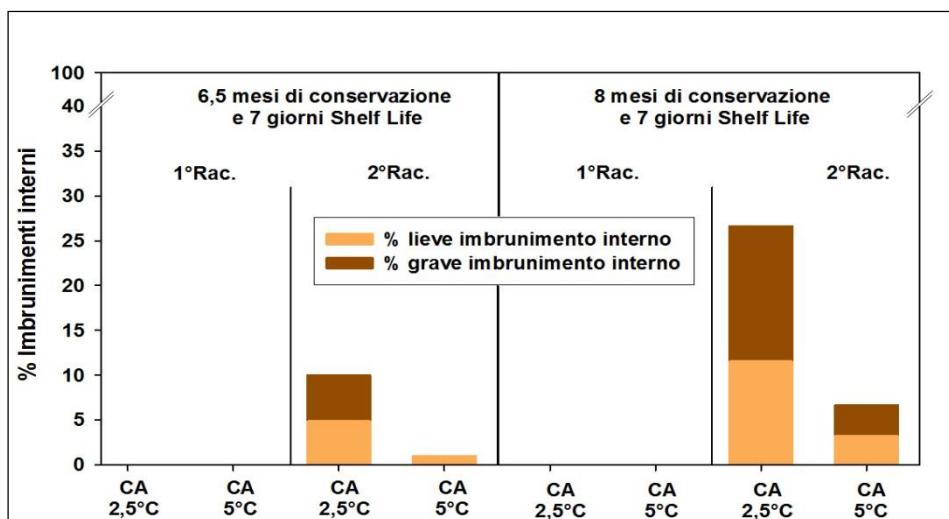
Prva berba je obavljena u optimalnom roku, druga 12 dana kasnije, daleko izvan optimalnog momenta za berbu. Kasna berba je izazvala, pre svega kod plodova koji su dugo čuvani (od 6 do 8 meseci), značajna oštećenja (preko 50%) u hladnjaci sa normalnom atmosferom. U uslovima ULO hladnjace (sa niskim sadržajem

kiseonika) - oštećenja koja su nastala od ovog patogena bila su neprihvatljiva samo u kombinaciji kasne berbe i dužeg skladištenja.

Unutrašnje tamnjenje

Unutrašnja oštećenja plodova (tamnjenje mesa ploda) javljaju se u skladištu, nisu vidljiva spolja i često se uočavaju tek kod potrošača, koji mogu samo da se žale na ono što se dogodilo i da više ne kupuju te plodove. Osetljivost na unutrašnje tamnjenje mesa ploda je izuzetno povezana sa sortom. Dok, na primer, kod sorte Granni Smith često potamni samo deo ploda oko semenki, kod sorte Cripps Pink/Pink Ladi® potamni ceo plod.

Test sproveden na sorti Cripps Pink/Pink Ladi® jasno potvrđuje da su uzroci ovog specifičnog unutrašnjeg posmeđivanja mesa ploda (grafikon 4) kasna berba, predugačak period skladištenja plodova i čuvanje osetljivih sorti na niskim temperaturama.



Grafikon 4. Uticaj momenta berbe plodova, dužine skladištenja i temperature skladištenja na unutrašnje tamnjenje mesa ploda kod sorte Cripps Pink/Pink Lady®

Kod kasnije berbe, posle 6 meseci skladištenja, procenat oštećenih plodova je bio do 10%, a nakon 8 meseci skladištenja, taj procenat je bio 25%.

Kada je temperatura skladištenja u pitanju, sa većom temperaturom (5°C), moguće je ograničiti, ali ne i potpuno izbeći pojavu unutrašnjeg posmeđivanja. Samo na plodovima ubranim u optimalnoj fazi zrelosti nisu utvrđena unutrašnja oštećenja, čak ni nakon 8 meseci skladištenja.

Pošto je na nekim sortama, kao što je na primer Braeburn, primećeno unutrašnje posmeđivanje posle tretmana sa 1-MCP, preporučljivo je da se za ovu sortu preferira produženo čuvanje u DCA-CF hladnjačama, što omogućava postizanje najboljih rezultata.

Pored momenta berbe, opterećenje stabla rodom takođe igra važnu ulogu na osetljivost mesa ploda na unutrašnje tamnjenje.

Tokom eksperimenta sprovedenog na sorti Fudži, jabuke su ubrane u različitim fazama sazrevanja plodova, sa biljaka koje su bile različito opterećene rodom, a koje su potom čuvane u različitim uslovima skladištenja.

Bolji rezultat (manji broj plodova sa tamnjim mesom) je jasno utvrđen kod ranije ubranih plodova.

Različito opterećenje stabla sa rodom ima značajan uticaj na unutrašnje tamnjene mesa ploda. Kod plodova čije su biljke bile normalno opterećene rodom, procenat tamnjenja mesa je bio nizak i kod druge berbe. Kod biljaka koja su bila slabo otrećena rodom, procenat plodova koja su potamnila nakon skladištenja, bio je visok i kod prve (optimalne) berbe.

Rezultat kombinacije „kasna berba“ i „slabija rodnost“ je šteta veća od 20%. U ovim slučajevima nije moguće postići poboljšanje situacije čak ni izborom načina skladištenja. Ako je prinos nizak, mora da se počne sa berbom na vreme. Zbog odnosa lisne mase i broja plodova, koji je evidentno neuravnotežen u slučaju male rodnosti, jabuke su takođe osetljivije na pojavu staklavosti, koja može postati problematična tokom skladištenja jer često evoluira u unutrašnje tamnjenje mesa.

Posmatranja tokom zrenja potvrdila su stabilan porast vitrescencije kako je faza zrenja napredovala, što očigledno favorizuje ranu berbu i kasnu berbu.

Svi dobijeni rezultati sprovedenih eksperimentalnih ispitivanja pokazuju koliko je važno poštovati optimalni stepen zrelsotи plodova i proveriti zdravstveno stanje plodova koje treba sačuvati, posebno u slučaju dužeg skladištenja.

Uticaj mera nege i kvaliteta berbe na trajanost plodova

Kako bi se garantovao kvalitet što je moguće bliže optimalnom, neophodno je sprovesti sve mere koje se smatraju neophodnim pre i tokom berbe. Uravnoteženim đubrenjem, regulisanjem bujnosti i rodnosti biljaka, moguće je izbegći stvaranje neuravnoteženih odnosa između mineralnih materija koje negativno utiču na dužinu skladištenja i boju plodova jabuka.

Pažljivo branje plodova može značajno da smanji oštećenja od uboja i rana. Sprovodenje berbe u nekoliko navrata, omogućava ujednačeno sazrevanje plodova namenjenih za skladištenje, kao i dobijanje većeg procenta dobro obojenih plodova.

U godinama sa nepovoljnim meteorološkim činiocima, posebno u vezi sa formiranjem dopunske boje na plodovima, potrebno je preduzeti mere koje stimulišu razvoj dopunske boje, kao što su reflektujuća folija ili ciljano orezivanje. Čak i u godinama koje su nepovoljne za razvoj dopuske boje, berba ne može da počne sa

zakašnjenjem, jer će, zbog napredovanja fiziološkog procesa sazrevanja, ovi plodovi biti predodređeni da tokom skladištenja propadnu.

I nezrele i prezrele jabuke nisu pogodne za optimalno skladištenje, ali različitim tehnologijama skladištenja možemo uticati da ne završe u kantama za djubre.

Odabirom tehnologije skladištenja koja najbolje odgovara sorti, stepenu zrelosti plodova i trajanju samog skladištenja, moguće je održati najbolji kvalitet i zdravstveno stanje uskladeštenih plodova.

Samo kombinacijom kvaliteta plodova, njihovog stepena zrelosti i optimalnog načina skladištenja može se garantovati dugo i adekvatno čuvanje, što će omogućiti održavanje zdravstvenog stanja i kvaliteta jabuka.

Čuvanje u ULO kontrolisanoj atmosferi

Akronom ULO je skraćenica za Ultra Low Oxygen = ultra nizak sadržaj kiseonika. Ovom metodom, jabuke se tokom celog perioda drže u atmosferi od 1 - 1,5% kiseonika. Poređenja radi, vazduh sadrži skoro 21%.

Čuvanje u DCA-CF skladištima (ili hladnjачama)

Ova metoda podrazumeva kontinuirano prilagođavanje sadržaja kiseonika fiziološkom stadijumu jabuke: na taj način se plodovi čuvaju u dinamički kontrolisanoj atmosferi (DCA). Fiziološko stanje uskladištenih jabuka se drži pod kontrolom pomoću fluorescentnih senzora hlorofila (CF). Senzori signaliziraju kada je sadržaj kiseonika u ćeliji prenizak.

Literatura

- DeLong, J.M., Prange, R.K., Leyte, J.C., Harrison, P.A. (2004). A new technology that determines low-oxygen thresholds in controlled-atmosphere-stored apples. HortTechnology 14(2), 262-266. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0262>
- DeLong, J.M., Prange R.K., Harrison, P.A. (2007). Chlorophyll fluorescence-based low-O₂ CA storage of organic 'Cortland' and 'Delicious' apples. Acta Horticulturae. 737, 31-37. Doi:10.17660/ActaHortic.2007.737.3.
- Harker, F.R., Kupferman, E.M., Marin, A.B., Gunson, F.A., Triggs, C.M. (2008). Eating quality standards for apples based on consumer preferences. Postharvest Biology and Technology. 50(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.020>.
- Park, Y.M., Park, H.G. (2012). Potential of Initial CA Condition on Quality Maintenance of 'Fuji' Apples during Export Simulation after Long-term Storage. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 30(4), 400-408. <https://doi.org/10.7235/hort.2012.11111>.
- Prange, R.K., DeLong, J.M., Wright, A.H. (2010). Chlorophyll fluorescence: applications in postharvest horticulture. Chronica Horticulturae. 50(1), 13-16.

- Zanella, A., Cazzanelli, P., Panarese, A., Coser, M., Chiste, C., Zeni, F. (2005). Fruit fluorescence response to low oxygen stress: Modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. *Acta Horticulturae*. 682, 1535-1542. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.204>.
- Zanella, A., Rossi, O. (2015). Post-harvest retention of apple fruit firmness by 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment or dynamic CA storage with chlorophyll fluorescence (DCA-CF). *European Journal of Horticultural Science*. 80(1), 11–17. <https://doi.org/10.17660/ejhs.2015/80.1.2>.
- Zanella, A., Stürz, S. (2013). Replacing DPA postharvest treatment by strategical application of novel storage technologies controls scald in 1/10th of EU's apples producing area. *Acta Horticulturae*. 1012, 419-426. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1012.53>

INTERACTION BETWEEN HARVESTING TIME AND STORAGE SYSTEM IN REGARDS TO DURABILITY AND PREVENTION OF FRUIT QUALITY LOSS

Angelo Zanella i Ines Ebner

Laimburg Research Centre, Italia
E-mail: Angelo.Zanella@laimburg.it

Summary

Based on the results obtained during the research carried out at the Limburg Experimental Center, the emphasis in this paper is on the importance of harvesting time and the influence of the degree of the fruit maturity during harvesting on the quality and sanity of apple fruits during long-term storage.

Key words: harvest time, fruit's sanity.

UTICAJ FAKTORA PRE I POSLE BERBE ZA POBOLJŠANJE CRVENE BOJE JABUKE

Emil Zlatić, Rajko Vidrih

Department of Food Science, Biotechnical faculty, University of Ljubljana, Slovenia
E-mail: rajko.vidrih@bf.uni-lj.si

Izvod. Crvena boja je važan parametar kvaliteta za različite vrste voća. Antocijani su glavni pigmenti odgovorni za crvenu boju. Iako je sinteza antocijana genetski kontrolisana, spolašnji faktori poput svetlosti i temperature značajno doprinose njihovoj akumulaciji. Izlaganje voća svetlosti i niska temperatura tokom gajenja, pre svega mesec dana pre berbe, su od presudnog značaja za nastanak crvene boje. Agrotehničke mere poput dizajna voćnjaka, uzgojnog oblika krošnje za povećanje osvetljenosti plodova poboljšavaju obojenost plodova crvenom bojom. S druge strane, visoka temperatura, veće količine azotnih đubriva, nedostatak kalijuma, bora i silicijuma smanjuju stepen obojenosti. Reflektujuće folije ispod krošnje povećavaju intenzitet svetlosti u donjem delu krošnje i značajno poboljšavaju crvenu obojenost. Takođe, primena biljnih hormona kao što su etilen, jasmonska kiselina i apscisinska kiselina podstiču razvoj crvene boje na plodovima.

Pored faktora pre berbe, pokazalo se da zračenje sa LED diodama nakon berbe poboljšava *de novo* sintezu antocijana i ostalih fenolnih jedinjenja i smanjuje gljivične infekcije kod različitih voćnih vrsta. Ukupni fluks svetlosti i talasna dužina su presudnog značaja za sintezu antocijana. Crvena boja je intenzivnija sa većim fluksom svetlosnog zračenja na talasnim dužinama u rasponu između 400 i 450 nm. Ultraljubičasto i plavoljubičasto svetlo imaju najjače efekte na sintezu antocijanina, dok daleko infracrveno imanajslabiji efekat. UV-C svetlost posle berbe aktivira odbrambeni sistem voća i takođe inhibitorno deluje na sve mikroorganizme. LED svetlo se može koristiti zajedno sa fotosenzibilizatorima za inaktivaciju patogena i očuvanje plodova posle berbe. Reakcija voća na zračenje svetлом posle berbe zavisi od genetskih faktora, voćne vrste, pa čak i sorte unutar vrste mogu reagovati drugačije.

Ključne reči: jabuka, crvena boja, agrotehničke mere, faktori okoline, fitohormoni.

Uvod

Kvalitet jabuke je dinamičan koncept koji se stalno menja u skladu sa potrebama i percepcijama potrošača. Većina parametara kvaliteta jabuke može se proceniti i klasifikovati u skladu sa tim. Najvažnije karakteristike kvaliteta jabuke uključuju boju, veličinu, oblik, ukus i aromu. Ukus i aroma se odnose na sadržaj šećera, kiselosti, odnos šećeri/kiseline i prisustvo aromatskih jedinjenja, što sve odražava senzorni kvalitet koji određuje spremnost potrošača da ponovo kupi jabuke. Iz perspektive potrošača, jabuke sa crvenom bojom pokožice su po izgledu i

nutritivnoj vrednosti poželjnije od drugih boja. Sadržaj fenolnih jedinjenja je važan sa nutricionističkog stanovišta, jer ova jedinjenja imaju blagotvorna svojstva za zdravlje. Brojni faktori utiču na intenzitet crvene boje jabuke, kao što su genetski, agronomski i faktori životne sredine (Musacchi i Serra 2018).

Agronomski faktori

Dizajn voćnjaka je od posebnog značaja u smislu iskorišćavanja svetlosti. Redovi orijentisani u pravcu sever-jug iskorišćavaju znatno više svetla od redova u pravcu istok-zapad. Middleton i sar. (2002) su utvrdili veće iskorišćavanje svetlosti za pravac redova sever-jug u poređenju sa redovima orijentisanim u pravcu istok-zapad, koje je iznosilo 87% i 73% respektivno. Položaj plodova unutar krošnje značajno utiče na crvenu obojenost. Kviklys i sar. (2022) su proučavali sortu jabuke Ligol na podlozi P 60 u voćnjaku sa pravcem redova sever-jug. Ustanovili su najveću crvenu obojenost na plodovima na vrhu krošnje (67%), zatim na plodovima koji su bili zapadno orijentisani (49%), istočno orijentisani (35%), dok je ona bila najmanja na plodovima iz unutrašnjosti krošnje (22%).

Zimska i letnja rezidba utiču na arhitekturu krošnje i dostupnost svetlosti plodovima, posebno onima u centralnom delu krošnje. Zimska rezidba utiče na broj cvetnih pupoljaka, dok letnja rezidba omogućava bolji prođor svetlosti, što takođe može izazvati neželjene efekte kao što su ošegotine od sunca i manji sadržaj rastvorljivih suvih materija. Iako se ne koristi u znatnoj meri, orezivanje korena inhibira rast stabala i samim tim poboljšava veličinu ploda, čvrstinu, sadržaj šećera i obojenost plodova crvenom bojom (Saure, 2007).

Još jedan agronomski faktor koji značajno utiče na crvenu boju je opterećenje krošnje. Opterećenje krošnje jabuke sa $4,7 \text{ plodova/cm}^2$ površine poprečnog preseka debla (TCSA) daje 71% crvene boje, dok opterećenje krošnje od $16,0 \text{ plodova/cm}^2$ TCSA daje samo 40% crvene boje. U istom istraživanju, najmanje opterećenje ($4,7 \text{ plodova/cm}^2$ TCSA) rezultira najvećim sadržajem rastvorljivih suvih materija (15,4% Brix) u poređenju sa 12,6% Brix za $16,0 \text{ plodova/cm}^2$ TCSA (Serra i sar., 2016). Pravilno proređivanje plodova sa orezivanjem krošnje i naknadno proređivanje nakon cvetanja je od ključnog značaja za sadržaj šećera u jabuci i obojenost crvenom bojom.

Što se tiče đubrenja, primena kalijuma (15 g po drvetu) poboljšava crvenu boju, kao i čvrstoću plodova jabuka Gala i Fuji, dok umanjeno đubrenje azotom ima tendenciju da poboljša crvenu boju (razlike nisu statistički značajne) (Neilsen i Neilsen 2009). Na jabukama sorte Gala Wang i Cheng (2011) su dobili bolju crvenu obojenost, niži sadržaj hlorofila i veću čvrstoću kod upotrebe niže doze azota (8,8 g/stablu), u poređenju sa višim dozama (26,4, 52,7 i 105,4 g/stablu).

Primena bora u zemljištu u količini od 2 g/stablu poboljšala je crvenu obojenost, sadržaj šećera i sadržaj ukupnih kiselina jabuke sorte Jonagold (Wojcik i sar., 2008).

Silicijum (Si) se generalno smatra korisnim, ali neesencijalnim elementom u biljkama. Si ulazi u biljku u obliku silicijumske kiseline Si(OH)_4 preko specifičnih Si influks transporterata. Većina istraživanja Si je fokusirana na njegov uticaj na otpornost na stres protiv različitih biotičkih i abiotičkih stresova. Karagiannis i sar. (2021) su primenili tri folijarna prskanja jabuke Fuji sa 20 kg SiO_2/ha (30 mM SiO_2) u toku punog cvetanja, kao i 45 i 90 dana nakon punog cvetanja. Podaci pokazuju da je Si značajno povećao akumulaciju ukupnih fenola u listovima imladarima, kao i ukupnih antocijana u mladarima i kori.

Faktori životne sredine i njihova manipulacija

Poznato je da temperatura značajno utiče na sintezu antocijana u jabukama. Niska temperatura pozitivno utiče na sintezu antocijana u kožici jabuke. Danas postoji bojazan da globalno zagrevanje može negativno uticati na pigmentaciju voća (Honda i Morii, 2018). Kao što su pokazali Ryu i sar. (2017) sintezu antocijanina u pokožici jabuke favorizuje niska noćna temperatura i inhibira je visoka noćna temperatura.

Evaporativno hlađenje iznad krošnje (Evans i Engineer, 1999) može biti prikladna tehnologija za smanjenje uticaja klimatskih promena. Navodnjavanje mikoprskalicama iznad krošnje značajno je poboljšalo crvenu boju, koncentraciju rastvorljive suve materije, veličinu i čvrstoću plodova sorte Top Red Delicious (Iglesias i sar., 2002).

Svetlost je jedan od najvažnijih faktora koji utiče na crvenu boju jabuke (Chen i sar., 2021). Sinteza antocijana se indukuje svetlošću i inhibira u odsustvu svetlosti (Jeong i sar., 2004, Li i sar., 2012). Među talasnim dužinama svetlosti, poznato je da UV i ljubičasto-plava imaju najjači efekat na sintezu antocijana, a daleko crvena svetlost nema efekta ili čak ima inhibitorni efekat (Mol i sar., 1996). Henri-Kirk i sar. (2018) su potvrdili da smanjena sunčeva UVB svetlost odlaže sazrevanje, smanjuje veličinu ploda i akumulaciju antocijana i flavonola. Prema rezultatima Wang i sar. (2016) svetlost je glavni spoljašnji faktor koji utiče na biosintezu antocijana, dok je temperatura sekundarni faktor koji reguliše sintezu antocijana. Manipulacija sa osvetljenjem se praktikuje kako bi se poboljšala obojenost voća crvenom bojom. Tehnike manipulacije osvetljnjem uključuju: pokrivanje voća kesicama, upotrebu mreža za zasenu i reflektujuće folije.

Pokrivanje voća kesicama utiče na dostupnost svetlosti i često se praktikuje u nekim azijskim zemljama, pogotovo u Japanu. Jabuke se pokrivaju kesicama oko 40 dana nakon punog cvetanja, a skidaju se oko 150 dana nakon punog cvetanja (Ali i sar., 2021). Plodovi koji su bili pokriveni kesicama imaju nakon berbe atraktivniju boju/izgled, izraženiji sjaj, veću čvrstoću i sadržaj šećera, bolju apsorpciju kalcijuma i manje fizioloških poremećaja nakon berbe. Interesantno je, da crvene sorte u slučaju pokrivanja sadrže manje antocijana (Ali i sar., 2021). Uklanjanje kesica koje se obično odvija 150 dana nakon punog cvetanja ili približno 40 dana pre berbe

karakteriše brzu akumulaciju antocijana čak i kod neobojenih sorti jabuke kao što je Granny Smith (Ma i sar., 2019).

Mreže za zasenu različitih boja (biserne, crvene, žute, zelene, plave itd.) se sve više koriste u proizvodnji voća i povrća. Bojni i sar. (2021) su utvrdili, da visoka zasenčenost (50%) crvenim ili belim mrežama za zasenu kod sorte Imperial Gala nema negativnih posledica na kvalitet jabuke. Zapravo, u slučaju smanjene dostupnosti vode, 50% zasene zbog korišćenih mreža može smanjiti potrebnu količinu vodu za navodnjavanje i održati kvalitet jabuke tokom sušnog perioda (Bojni i sar., 2021). Uzgajanje jabuka Honeycrisp pod crvenim i plavim mrežama dovodi do manje pojave ožegotina od sunca u poređenju sa bisernim (belim) mrežama i nepokrivenе kontrole (Serra i sar., 2020). Isti autori ističu, da je upotreba svih mreža za zasenu negativno uticala na razvoj crvene boje jabuka. Učestalost gorkih pega bila je manja ispod crvenih mreža, dok na druge parametre kvaliteta jabuke Honeycrisp (osim crvene boje) upotreba mreže nije uticala (Serra i sar., 2020).

Reflektujuće folije ispod krošnje mogu se primeniti za povećanje fotosintetičkog aktivnog zračenja (PAR eng: Photosynthetically Active Radiation) u donjem delu krošnje, kao i za kompenzaciju smanjenja svetlosti ispod protivgradne mreže. U svom istraživanju na jabukama sorte Fuji, Jakopić i sar. (2007) postavili su reflektujuću foliju jedan mesec pre berbe, sa i bez upotrebe mreže protiv grada. Reflektujuća folija povećava PAR na donjoj strani plodova u krošnji, što rezultira većim sadržajem ukupnih antocijana, kao i intenzivnjom crvenom obojenošću. Primena folije značajno povećava sadržaj antocijana i u slučaju istovremeno prisutne protivgradne mreže (Jakopić i sar., 2007).

Fitohormoni

Etilen je promotor zrenja za klimakterično voće i često se koristi kao tretman za sazrevanje pre svega banana posle berbe. Može se primeniti i pre berbe da bi se poboljšala crvena obojenost jabuka. Fenili i sar. (2019), su utvrdili da etefon (jedinjenje koje oslobađa etilen) poboljšava crvenu boju jabuka sorte Daiane i Venice. Obe sorte jabuke tretirane etefonom sa dozom 480 g/ha 30 dana pre berbe, imale su značajno bolju crvenu obojenost (iznad 80%).

Apscinska kiselina (ABA) reguliše sintezu antocijanina u voću. U svom istraživanju, Wang i sar. (2020) demonstrirali su, da je primena egzogene ABA 135 dana nakon cvetanja (100 mg ABA/L) direktno na površinu jabuke povećala sadržaj antocijana u sorti Crveni Fuji za čak 40%. Primena ABA 20 dana pre berbe u dozi od 400 mg/L značajno je poboljšala crvenu obojenost jabuke sorte Gala (Brighenti i sar., 2017).

Primena jasmonske kiseline (JA) pre berbe može efikasno poboljšati crvenu obojenost plodova jabuke. Primena metil jasmonata u koncentraciji 10 mM na plodove jabuke sorte Hanfu tri nedelje pre komercijalne berbe poboljšala je

obojenost plodova bez negativnog uticaja na potencijal skladištenja jabuke. U drugom istraživanju, Shafiq i sar., (2013) primenili su metil jasmonat u koncentraciji 10 mM na pojedinačna stabla jabuke sorte Cripps Pink 169 dana nakon punog cvetanja. Tretman je značajno povećao crvenu obojenost, kao i sadržaj antocijana, cijanidin 3-galaktozida, hlorogenske kiseline, floridzina, flavanola i flavonola u pokožici ploda.

Povećanje crvene boje jabuke zračenjem svetлом posle berbe

Ne samo da svetlost utiče na sintezu antocijana u periodu pre berbe, voće i povrće takođe reaguju na zračenje svetлом i posle berbe. Slično kao i u periodu pre berbe, intenzitet svetlosti i talasna dužina su najvažniji faktori za akumulaciju fenolnih jedinjenja posle berbe. Različite voćne vrste, pa čak i različite sorte, mogu drugačije da reaguju na zračenje svetlosti posle berbe. U svom istraživanju, Kokalj i sar. (2019) su sedam dana zračili tri sorte jabuke (Carjevič, Fuji i Idared) na neosvetljenoj strani plodova. Koristili su LED svetlo talasne dužine od 444 nm, sa ukupnim fluksom zračenja na vrhuncu emisije podešenim na 1 V m^{-2} . Što se tiče nastanka crvene boje, najbolji efekat je postignut kod sorte Idared, a slede sorte Fuji i Carjevič, koji je pokazao veoma slabefekat. Posle sadam dana zračenja svetлом neosvetljene strane plodova, Idared je dostigao crvenu boju uporedivu sa prirodnom bojom na sunčanoj strani ploda. Za razliku od antocijana, derivati kvercetina: kvercetin 3-O-arabinopiranozid, kvercetin 3-O-galaktozid i kvercetin 3-O-glukozid su se povećali tokom zračenja svetлом bez obzira na sortu. Brojni literaturni podaci potvrđuju da je LED zračenje plavim svetлом obećavajuće sredstvo za poboljšanje boje i kvaliteta čuvanja jabuke i drugih voćnih vrsta.

UV-C zračenje posle berbe za aktiviranje odbrambenog mehanizma voća i kontrolu mikroorganizama

UV-C zračenje posle berbe smatra se ekološki prihvatljivim tretmanom za kontrolu mikrobnih bolesti sa uticajem na aktivaciju odbrambenog sistema voća. Kod nektarina, UV-C zračenje na 3 kJ m^{-2} povećalo je aktivnost antioksidativnih enzima: superoksid dismutaze, katalaze, askorbat peroksidaze, askorbinske kiseline i glutationa (Zhang i sar., 2021). Zračenje je takođe aktiviralo fenilpropanoidni put što je rezultiralo u *de novo* sintezom antocijana i drugih fenolnih jedinjenja. Aktivirani odbrambeni sistem inhibira rast *Rhizopus stolonifer* za 1/3. Postiže se I direktno štetno dejstvo UV-C na površinske mikroorganizme ploda indukcijom DNK mutacija (Leung i sar., 2021).

Fotoaktivacija patogena na svežem voću i povrću

Različite studije su pokazale da patogeni mikroorganizmi mogu preživjeti i/ili rasti na svežim i minimalno obrađenim prehrambenim proizvodima. Glavne patogene bakterije povezane sa voćem i povrćem su *Shigella* spp., *Bacillus cereus*, *Campylobacter* spp i *Clostridium botulinum* (Beuchat 2002, Olaimat i Hollej 2012, Alegbeleye i sar., 2018). Utvrđeno je da su *Salmonella* spp. i *Listeria monocitogenes* najčešće otkriveni patogeni u povrću, dok je *Escherichia coli* koja proizvodi shigatoksin najzastupljenija u voću (Silva i sar., 2017). U poređenju sa tradicionalnim tehnologijama čuvanja, fotodinamička inaktivacija (PDI eng: Photodynamic Inactivation) se pojavila kao nov i obećavajući pristup za eliminaciju patogena koji se prenose hranom. PDI je tehnologija zasnovana na svetlosti koja se oslanja na pojavu netermalnih fotohemihских reakcija, koje zahtevaju izvor svetlosti iz plavog regiona spektra vidljive svetlosti, endogene fotosenzibilizatore (PS eng: Photosensitizers), kao što su protoporfirin, koproporfirin, uroporfirin i kiseonik. Aktivacija PS dovodi do stvaranja visoko reaktivnih vrsta kiseonika (ROS eng: reactive oxygen species), uključujući hidroksilne radikale i singletni kiseonik. Oksidativni stres izaziva oštećenja različitih delova bakterijskih ćelija, uključujući ćelijsku membranu, ćelijski zid i genom (Lukšiene 2005, Hadi i sar., 2020, Zhu i sar., 2021). Antimikrobni efekti plave svetlosti se uglavnom pripisuju opsegu talasnih dužina od 400 do 450 nm. Efikasnost PDI takođe zavisi od geometrije i svojstava reflektovanja svetlosti voća i povrća, apsorpcije i načina unošenja PS na kutikulu i prisustva antioksidanata (Tortik i sar., 2014, Hadi i sar., 2020).

Zaključak

Obojenost crvenih sorti jabuke je veoma važan parametar kvaliteta jabuke. Boja plodova jabuke povezana je sa povećanom nutritivnom vrednošću i antioksidativnim svojstvima koja imaju mnoge zdravstvene prednosti. Danas trgovci zahtevaju, da plodovi jabuke imaju 50-60% crvene boje. Glavni uticaj na crvenu obojenost plodova jabuke je genetski faktor i zbog toga se danas intenzivno radi na stvaranju novih crvenih sorti, kao i selekciji klonova sa stabilnom crvenom bojom nezavisno od klimatskih uslova. Klimatski uslovi, svetlost i temperatura pored genetskog potencijala, najviše doprinose akumulaciji antocijana i posledično nastanku crvene boje. Zbog globalnog zagrevanja i visokih noćnih temperatura, pojedine sorte jabuka ne dostižu željeni intenzitet crvene boje ploda. Danas su poznate agrotehničke mere koje možemo primeniti za poboljšanje nastanka crvene boje. Za bolje osvetljenje plodova se preporučuje orijentacija redova u voćnjaku u smeru sever-jug, te adekvatna zimska i letnja rezidba za optimalno osvetljenje krošnje. Preporučuje se proređivanje plodova za optimalno opterećenje krošnje, kao i umereno đubrenje azotom. Pored smanjenog unosa azota, za bolju obojenost crvenih sorti jabuke preporučuje se i dodatak mikroelemenata kao što su kalijum, bor i silicijum. Veliki

uticaj na boju plodova, pre svega u donjem delu krošnje, imaju reflektujuće folije, koje se polože ispod krošnje mesec dana pre berbe. Za postizanje bolje obojenosti se u istraživanjima dobro pokazala primena fitohormona kao što su etilen, apscisinska kiselina i jasmonska kiselina.

Voće je osijetljivo na svetlo i posle berbe, pre svega na plavo svetlo talasne dužine 400 – 450 nm. Osvetljivanjem plavim svetlom može se za sedam dana postići na neosunčanoj strani ploda jabuke ista boju koja je prisutna na sunčanoj strani, ali su ovakve aplikacije teško izvodljive u praksi. Jedna od mogućnosti je i primena UV-C svetla, koje aktivira obrambeni mehanizam voća i uništava mikroorganizme na površini ploda. Ta tehnika je najprimernija za upotrebu na jagodičastom voću. Kao smer za buduća istraživanja je proučavanje svetla i fotosenzibilizatora u svrhu fotodinamičke inaktivacije patogenih mikroorganizama. Potrebno je i istražiti moguće sinergističke efekte u ovom radu predstavljenih mera za postizanje intenzivnije crvene boje na plodovima jabuke.

Zahvalnica

Za recenziju srpskog jezika se zahvaljujem Andreju Živkoviću.

Literatura

- Alegbeleye O. O., Singleton I., Sant'Ana A. S. 2018. Sources and contamination routes of microbial pathogens to fresh produce during field cultivation: A review. *Food Microbiology* 73: 177-208.
- Ali M. M., Anwar R., Yousef A. F., Li B., Luvisi A., De Bellis L., Aprile A., Chen F. J. P. 2021. Influence of bagging on the development and quality of fruits. *Plants* 10: 358.
- Beuchat L. R. 2002. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes Infection* 4: 413-423.
- Boini A., Manfrini L., Morandi B., Corelli Grappadelli L., Predieri S., Daniele G. M., López G. J. A. 2021. High levels of shading as a sustainable application for mitigating drought, in modern apple production. *Agronomy* 11: 422.
- Brightenti A. F., Würz D. A., Pasa M. d. S., Rufato L. 2017. Plant growth regulators to enhance fruit color of Gala'apples. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52: 1118-1122.
- Chen Z., Yu L., Liu W., Zhang J., Wang N., Chen X. 2021. Research progress of fruit color development in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Plant Physiology and Biochemistry* 162: 267-279.
- Evans R. G., Engineer S. A. (1999). Overtree evaporative cooling system design and operation for apples in the PNW. <https://www.ars.usda.gov/ARSRUserFiles/21563/Overtree%20Evaporative%20Cooling%20System%20Design.pdf>
- Fenili C. L., Petri J. L., Steffens C. A., Martin M. S. d., Amarante C. V. T. d., Heinzen A. S. 2019. Alternatives to increase the red color of the peel in 'Daiane' and 'Venice' apples. *Revista Brasileira de Fruticultura* 41: e-128.
- Hadi J., Wu S., Brightwell G. 2020. Antimicrobial blue light versus pathogenic bacteria: mechanism, application in the food industry, hurdle technologies and potential resistance. *Foods* 9: 1895.

- Henry-Kirk R. A., Plunkett B., Hall M., McGhie T., Allan A. C., Wargent J. J., Espley R. V. J. P. 2018. Solar UV light regulates flavonoid metabolism in apple (*Malus x domestica*). *Plant, Cell & Environment* 41: 675-688.
- Honda C., Moriya S. J. T. H. J. 2018. Anthocyanin biosynthesis in apple fruit. *The Horticulture Journal* 87: 305-314.
- Iglesias I., Salvia J., Torguet L., Cabús C. J. S. H. 2002. Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to improve fruit colour and quality of ‘Topred Delicious’ apples. *Scientia Horticulturae* 93: 39-51.
- Jakopic J., Veberic R., Stampar F. 2007. The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of ‘Fuji’ apple. *Scientia Horticulturae* 115: 40-46.
- Jeong S. T., Goto-Yamamoto N., Kobayashi S., Esaka M. 2004. Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. *Plant Science* 167: 247-252.
- Karagiannis E., Michailidis M., Skodra C., Molassiotis A., Tanou G. 2021. Silicon influenced ripening metabolism and improved fruit quality traits in apples. *Plant Physiology and Biochemistry* 166: 270-277.
- Kokalj D., Zlatić E., Cigić B., Kobav M. B., Vidrih R. 2019. Postharvest flavonol and anthocyanin accumulation in three apple cultivars in response to blue-light-emitting diode light. *Scientia Horticulturae* 257: 108711.
- Kviklys D., Viškelis J., Liudanskas M., Janulis V., Laužikė K., Samuolienė G., Uselis N., Lanauskas J. J. P. 2022. Apple fruit growth and quality depend on the position in tree canopy. *Plants* 11: 196.
- Leung W. Y., Murray V., Biology P. B. 2021. The influence of DNA methylation on the sequence specificity of UVB-and UVC-induced DNA damage. *Journal of Photochemistry* 221: 112225.
- Li Y.-Y., Mao K., Zhao C., Zhao X.-Y., Zhang H.-L., Shu H.-R., Hao Y.-J. 2012. MdCOP1 ubiquitin E3 ligases interact with MdMYB1 to regulate light-induced anthocyanin biosynthesis and red fruit coloration in apple. *Plant Physiology* 160: 1011-1022.
- Lukšiene Ž. 2005. New approach to inactivation of harmful and pathogenic microorganisms by photosensitization. *Food Technology and Biotechnology* 43: 411-418.
- Ma C., Liang B., Chang B., Yan J., Liu L., Wang Y., Yang Y., Zhao Z. J. B. g. 2019. Transcriptome profiling of anthocyanin biosynthesis in the peel of ‘Granny Smith’ apples (*Malus domestica*) after bag removal. *BMC Genomics* 20: 1-18.
- Middleton S., McWaters A., James P., Jotic P., Sutton J., Campbell J. 2002. The productivity and performance of apple orchard systems in Australia. *Compact Fruit Tree* 35: 43-47.
- Mol J., Jenkins G., Schäfer E., Weiss D., Walbot V. 1996. Signal perception, transduction, and gene expression involved in anthocyanin biosynthesis. *Critical Reviews in Plant Sciences* 15: 525-557.
- Musacchi S., Serra S. 2018. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae* 234: 409-430.
- Neilsen D., Neilsen G. 2009. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. *New York Fruit Quarterly* 17: 21-24.
- Olaimat A. N., Holley R. A. 2012. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. *Food Microbiology* 32: 1-19.

- Ryu S., Han H.-H., Jeong J. H., Kwon Y., Han J. H., Do G. R., Choi I.-M., Lee H. J. 2017. Night temperatures affect fruit coloration and expressions of anthocyanin biosynthetic genes in ‘Hongro’apple fruit skins. European Journal of Horticultural Science 82: 232-238.
- Saure M. C. 2007. Root pruning—a poorly understood management practice in fruit trees. International Journal of Fruit Science 7: 43-56.
- Serra S., Borghi S., Mupambi G., Camargo-Alvarez H., Layne D., Schmidt T., Kalcsits L., Musacchi S. 2020. Photoselective protective netting improves “Honeycrisp” fruit quality. Plants 9: 1708.
- Serra S., Leisso R., Giordani L., Kalcsits L., Musacchi S. 2016. Crop load influences fruit quality, nutritional balance, and return bloom in ‘Honeycrisp’ apple. HortScience 51: 236-244.
- Shafiq M., Singh Z., Khan A. S. 2013. Time of methyl jasmonate application influences the development of ‘Cripps Pink’apple fruit colour. Journal of the Science of Food and Agriculture 93: 611-618.
- Silva B. N., Cadavez V., Teixeira J. A., Gonzales-Barron U. 2017. Meta-analysis of the incidence of foodborne pathogens in vegetables and fruits from retail establishments in Europe. Current Opinion in Food Science 18: 21-28.
- Tortik N., Spaeth A., Plaetzer K. 2014. Photodynamic decontamination of foodstuff from *Staphylococcus aureus* based on novel formulations of curcumin. Photochemical & Photobiological Sciences 13: 1402-1409.
- Wang F., Sha J., Chen Q., Xu X., Zhu Z., Ge S., Jiang Y. 2020. Exogenous abscisic acid regulates distribution of 13C and 15N and anthocyanin synthesis in ‘Red Fuji’apple fruit under high nitrogen supply. Frontiers in Plant Science 10: 1738.
- Wang H., Cheng L. 2011. Differential effects of nitrogen supply on skin pigmentation and flesh starch breakdown of ‘Gala’apple. HortScience 46: 1116-1120.
- Wang N., Zhang Z., Jiang S., Xu H., Wang Y., Feng S., Chen X. J. P. C., Tissue, Culture O. 2016. Synergistic effects of light and temperature on anthocyanin biosynthesis in callus cultures of red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 127: 217-227.
- Wojcik P., Wojcik M., Klamkowski K. 2008. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. Scientia Horticulturae 116: 58-64.
- Zhang W., Jiang H., Cao J., Jiang W., Technology 2021. UV-C treatment controls brown rot in postharvest nectarine by regulating ROS metabolism and anthocyanin synthesis. Postharvest Biology and Technology 180: 111613.
- Zhu S., Song Y., Pei J., Xue F., Cui X., Xiong X., Li C. 2021. The application of photodynamic inactivation to microorganisms in food. Food Chemistry 12: 100150.

PRE AND POSTHARVEST MEANS TO IMPROVE APPLE FRUIT RED OVERCOLOR

Emil Zlatić, Rajko Vidrih

Department of Food Science, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia
E-mail: rajko.vidrih@bf.uni-lj.si

Summary

Apple red overcolor is an important fruit quality parameter. Anthocyanins are the main pigments responsible for red overcolor. Although synthesis of anthocyanins is genetically controlled, environmental factors like light and temperature significantly contribute to their accumulation. Fruit exposure to light and low temperature during fruit growing are of crucial importance for the formation of red overcolor. Agricultural measures like orchard design, training system and pruning increase the availability of light to fruits and thus improve red coloration. On the other hand, high temperature, high nitrogen fertilization and auxin application diminish red overcolor. Under-tree reflective foils increase light deficit in lower part of canopy and significantly improve red coloration. Also, the application of plant hormones like ethylene, jasmonic acid, abscisic acid and silicon (Si) promote red overcolor development in a variety of fruits.

Beside preharvest factors, postharvest LEDs irradiation has been shown to improve *de novo* synthesis of anthocyanins and other phenolic compounds, and reduce fungal infections in different fruit species. Light total radiant flux and wavelength are detrimental for the synthesis of anthocyanins. Red coloration is more intensive with higher light radiant flux at wavelengths ranging between 350 and 450 nm. Ultraviolet light and blue-violet light have the strongest effects on anthocyanin synthesis while far infrared has the lowest. Postharvest UV-C light activate fruit defense system and also has deleterious effect on microorganisms. LEDs light can be used together with photosensitizers to inactivate pathogens and preserve fruits in postharvest stages. Response of fruits to postharvest light irradiation depends on genetic factors, fruit species and even cultivars within species might respond differently.

Key words: Apples, red coloration, agricultural practice, environmental factors, phytohormones.

COLD STORAGE MANAGEMENT PROTOCOLS AND MITIGATION MEASURES TO COMBAT PHYSIOLOGICAL DISORDERS OF FRUIT CROPS WITH DIFFERENT STORAGE POTENTIAL

George Manganaris

*Cyprus University of Technology, Department of Agricultural Sciences,
Biotechnology & Food Science, 3603 Lemesos, Cyprus
E-mail: george.manganaris@cut.ac.cy*

Abstract. The principal biochemical components that contribute to the consumer perception of quality can be segregated into the following three major classes: (a) firmness and texture that are associated with “mouth feel”, (b) sweetness, acidity, aroma/flavor, and astringency that are associated with taste, and, (c) biochemical components that contribute to appearance, such as color and surface finish. These attributes are being severely affected by extended postharvest storage that leads to physiological disorders. Such chilling-related disorders are highly variable based on the species considered. This study provides an overview of temperature management protocols being applied for two commercially important temperate fruit crops with short (peach) and extended (kiwifruit) storage potential. For both commodities, chilling injury is one of the main physiological problem limiting export and consumption and is a frequent source of complaints by wholesalers and customers. The symptoms develop during ripening after cold storage and are evident as mealiness (dry texture) and flesh browning in peach and nectarine fruits and as discrete patches in the outer pericarp that can form a complete ring extend through the fruit towards the stem end, including water-soaked areas in kiwifruit. In both cases, externally the fruits appear normal and the disorders are being detected during consumption that discourages repeated purchasing. This review describes temperature management protocols, the most important chilling-related disorders along with proposed mitigation measures for both species.

Keywords: peach; kiwifruit; physiological disorder; chilling injury; delayed storage; mealiness; internal breakdown; low-temperature breakdown.

Introduction

Fruits provide an important source of primary nutrition, health-related substances, plus minerals and vitamins, and the quality of a fruit is influenced by the cultivar, its nutritional status, and environmental conditions during plant growth and fruit development. Ripening is considered to be the ultimate stage in fruit development, and most fruit quality studies have focused on this process which involves sensory, physicochemical, biochemical, and molecular analysis. This leads

us to new and different methods to study the complex and variable, sometimes elusive, quality changes associated with the postharvest environment (Fellman et al., 2011).

The preservation of fresh fruit quality remains a postharvest challenge for the industry and many biochemical factors influence the consumer perception of quality. Fruit picked at firm stages offers more flexibility regarding postharvest management, but sometimes may affect consumer satisfaction. On the other side, fully ripe fruits are highly susceptible to physical damages and decay but have a flavor surplus. The most commonly practical minimum harvest maturity index used are background color and firmness (Manganaris et al., 2022).

Susceptibility to chilling injury (CI) is largely dependent on genotype and triggered by temperature and time of exposure to chilling temperature. Maturity stage at harvest and storage temperature, atmosphere and duration are the most relevant factors associated with chilling-related disorders. This study provides information about types of CI symptoms and their biological basis, factors affecting CI incidence and severity and postharvest and genetic strategies to control it. Considering author expertise and economic importance of the commodities for the European market, findings are condensed for the two major temperate fruit crops with different storage potential and ripening patterns: peach and kiwifruit.

Postharvest management protocols of peach fruit

Peach storage life is limited due to increased incidence of postharvest fungal diseases and the incidence of chilling injury symptoms. The main fungal diseases are brown rot (*Monilinia fructicola*), gray mold (*Botrytis cinerea*), Rhizopus rot (*Rhizopus stolonifer*) and sour rot (*Geotrichum candidum*). In the United States, the shift to safer fungicides began with the Food Quality Protection Act of 1995 that resulted in the identification of “reduced risk” fungicides like fludioxonil and fenhexamid that were introduced as safer postharvest treatments. More recently, the United States Environmental Protection Agency has classified natural products produced by fermentation such as natamycin and polyoxin-D as agricultural biopesticides that are “exempt from tolerance” and were recently organically approved (Adaskaveg et al., 2022).

The most appealing attributes of the fruit are lost dramatically after long-term storage at low temperature (Lurie and Crisosto, 2005). Chilling injuries are limiting shelf life, long-distance distribution and off-season commercialization of peach and nectarine fruits. It has been described using different and sometimes diffuse terms (mealy, woolly, leathery, Figure 1), which mostly refer to fruits which, while maintaining normal water content, lack juiciness and have a highly unappealing texture (Manganaris et al., 2019). Mealy (woolly) texture is caused by altered expression and activity of several cell wall-degrading proteins. Studies in the last decade indicated that changes accompanying peach chilling go far beyond those

occurring on cell wall polyuronides and loosing enzymes and include global alterations in fruit transcriptional and metabolic profiles.

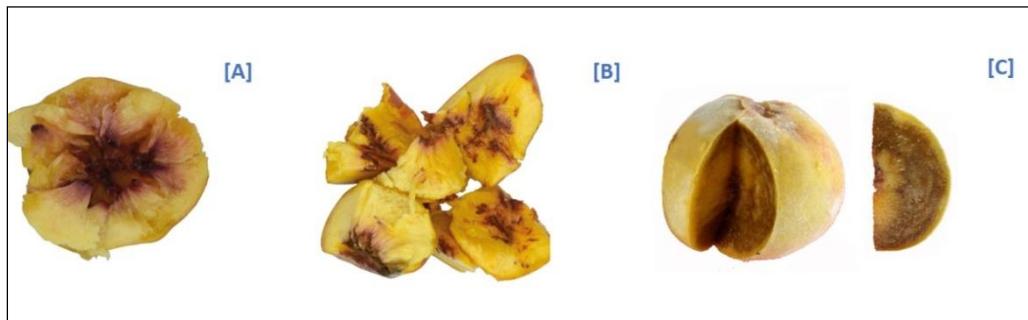


Figure 1. Chilling injury symptoms of peach fruit, evident as wooliness (A), mealiness (B) and flesh browning (C) [Source: Eccheveria (A,B), Manganaris (C)]

Maturity stage at harvest, storage temperature, atmosphere and duration are the most relevant factors associated with CI incidence and severity (Manganaris et al., 2019). All tested cultivars are susceptible to CI, though the extent of the damages and the time required for symptoms to be manifested vary depending on the genotype considered. In general cultivars are segregated into three categories (A, B, and C) according to their susceptibility to CI symptoms (mealiness and flesh browning) when exposed to 0 °C or 5 °C storage temperatures. Cultivars in Category A did not develop any symptoms of CI after 5 weeks of storage at either temperature. Cultivars in Category B developed symptoms only when stored at 5 °C within 5 weeks of storage. Cultivars were classified in Category C when fruit developed CI symptoms at both storage temperatures within 5 weeks of storage. Most of the yellow and white flesh peach cultivars developed CI symptoms when stored at both storage temperatures (Category C).

The most desirable sensorial attributes of peach fruits are being developed on-tree; harvesting of such fruits at advanced maturity is considered of added value, yet they have to be consumed within few days. This strategy is commonly applied for fruits aimed for premium domestic markets and still applied from some cooperative units in Greece where packaging is taking place in the orchard. Other peach fruits are being harvested at firm ripe stage and are being handled in the packing house; upon packaging, forced air cooling is recommended prior to cold storage. In the United States, some units apply conditioning (delayed cold storage) at 20 °C and 95% relative humidity (RH) followed by forced air cooling prior to cold storage on fruit harvested at firm-ripe stage to reduce CI susceptibility and assure successful ripening upon removal from cold storage. When these treatments are applied properly, market life increases by up to two weeks in the cultivars tested (Crisosto et al., 2004).

Maturity stage and some quality attributes can be additionally quantified in a non-destructive manner and some commercial devices have become available.

Among them, DAmeter determines an index of absorbance that is linked with 'chlorophyll a' levels in the mesocarp without affecting the exocarp. This is particularly important for cultivars with intense red blush exocarp color as 'Royal Glory' – as a result phenotypically similar fruits are actually highly heterogeneous regarding their maturity stage. This device is being promoted as both management and postharvest tool to define optimum harvest date and define storage potential, respectively. However, much technical advancement are needed since, among others, this index is cultivar dependent, thus thresholds per cultivar need to be established.

Chemical treatments (i.e. gibberellic, oxalic and salicylic acids, methyl jasmonate, γ -aminobutyric acid, melatonin) and non-destructive assessment of CI incidence with hyperspectral approaches seem promising tools, yet not applicable at commercial operations (Manganaris et al., 2019). The elaboration of modern genomics-based breeding programs in peach that use the full potential of genome-wide association mapping and genomic selection appears as a fast way to provide genotypes resistant/tolerant to CI disorders (Manganaris et al., 2019).

Postharvest management protocols of kiwifruit

Kiwifruit a relatively new crop, and introduced to international trade only during the past 30 years, so the physiological research that has been carried out is still accumulating. Kiwifruit has been a success mainly because it can be stored for a long period of time at 0 °C. However, there are limitations to quality after long term storage; the challenge to postharvest scientists is to understand and manipulate those factors that influence deterioration rate and quality after storage (Hewett et al., 1999).

Kiwifruit is being harvested at mature yet not ripe to eat stage once specific requirements regarding soluble solids and dry matter contents are fulfilled. Although it's a climacteric fruit type, kiwifruit do not produce endogenous ethylene at harvest but are highly sensitive to the application of exogenous ethylene. After a period of rapid softening, the onset of endogenous 'autocatalytic' ethylene production starts, that is considered to be the eating-ripe window for consumers, where the fruit are soft and produce characteristic ripe fruit aroma volatiles (Atkinson et al., 2011). After that phase, kiwifruits are unacceptably soft and often exhibit 'off flavour' notes. The duration of the softening phases depends on species, environmental conditions, and harvest time (early or late season).

Many fungi cause postharvest rot of kiwifruit, and their occurrence varies among the production areas. Ripe-rot caused by *Botryosphaeria dothidea* and stem-end rot caused by *Diaporthe actinidiae* prevail in New Zealand, while stem-end rot caused by *Botrytis cinerea* is the most important postharvest disease of the kiwifruit cultivated in Europe and USA, while in these regions skin pitting by *Cadophora luteo-olivacea* and *Mucor* rot caused by *Mucor piriformis* are less important (Mari et al., 2015).

Besides fungal diseases, flesh softening and chilling injury related storage breakdown disorder is the most important quality issues in the kiwifruit industry

(Figure 2). Kiwifruit is susceptible during prolonged low temperature storage to the development of a physiological storage disorder that has been termed as low temperature breakdown (LTB, Lallu, 1997). This disorder has been characterized in ‘Hayward’ kiwifruit as the development of a grainy appearance in the outer pericarp that occurs first at the blossom end of the fruit. Initially, LTB appears as discrete patches in the outer pericarp, but may progress to form a complete ring in the outer pericarp and extend through the fruit towards the stem end. In addition, water-soaked areas may develop in either, or both, the inner and outer pericarp (Lallu et al., 1997; Burdon et al., 2007).

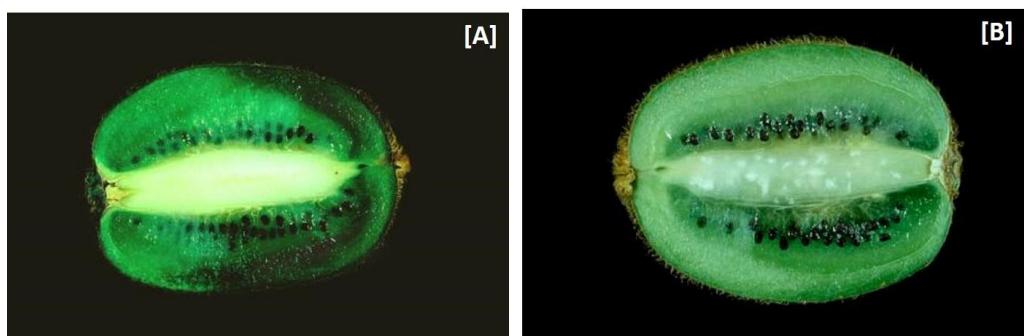


Figure 2. Chilling injury symptoms of kiwifruit, evident as translucency (A) and white core inclusions [Source: Edwards, Don: University of California, Davis]

Storage breakdown disorder first manifests at the blossom end of the fruit, where flesh in the outer pericarp develops a granular appearance that can eventually spread throughout the fruit. The susceptibility of kiwifruit to low temperature breakdown is associated with pre-harvest temperatures and at-harvest soluble solids content (Burdon et al., 2007). The incidence of LTB was lower in fruit from later harvests that had a higher SSC at harvest. It is concluded that acclimation by low pre-harvest temperatures increases the rate of SSC accumulation and reduces the susceptibility of ‘Tomua’ kiwifruit to LTB (Burdon et al., 2007). A recent study aimed at developing a mathematical model that could describe and predict evolution of storage breakdown disorder and firmness (Gwanpua et al, 2022). In this study different concepts used to model the three phases of softening often observed in kiwifruit. The initial rapid softening phase was modelled as a function of starch breakdown, the slow softening phase was modelled as function of pectin degradation, while the final softening phase often characterized by tissue collapse, was modelled as a function of chilling injury related storage breakdown disorder.

Postharvest infection of Kiwifruit by *Botrytis cinerea* is responsible for considerable expense and loss whilst fruit are in cold rooms. Curing is a convenient biological treatment to prevent *Botrytis* rot and other disorders. Fruits are kept in a

ventilated area for (a) 48 h at 12-18°C, or (b) 72-96 h at 8-12°C, or (c) 96-120 h at 5-8° (Bautista Banos et al., 1997).

The most common postharvest management protocols deal with ethylene catalytic oxidation during cold storage (0-1 °C). Ethylene can be removed from air - as any other hydrocarbon - by oxidizing it at the surface of an appropriate catalyst according to the reaction: ethylene + oxygen > water + carbon dioxide. Catalytic combustion of ethylene by the Swingtherm reversion method allows control of ethylene concentration on a desired level (Figure 3).



Figure 3. Outdoor cold storage facilities of kiwifruit where the Swingtherm system, is being applied.

Ozone enriched atmosphere is a cheap replacement of the previous system and/or can be used at the same time. Ozone is a naturally occurring highly reactive form of oxygen that can be generated economically for application to commodities susceptible to exogenous ethylene, such as kiwifruit. Ozone, also known as triatomic oxygen is a naturally occurring highly reactive form of oxygen that can be generated

readily and economically for application to several commodities. Its use in kiwifruit was found to be particularly beneficial on kiwifruit to combat fungal diseases (Minas et al., 2010) and extend storage potential (Minas et al., 2012, 2014). The beneficial effect of ozone on qualitative attributes was further confirmed with a cell wall approach. A nice indicator of cell wall dismantling is the swelling of AIR that was substantially higher in control compared to ozone-treated fruit (Minas et al., 2014).

A smart solution for packed fruits is to use KMnO₄ filters (ethysorb) (Figure 4.)



Figure 4. KMnO₄ filters (ethysorb) to control fruity softening in packed kiwifruits

1-methylcyclopropene (1-MCP), an ethylene antagonist, has been successfully applied in an array of commodities to combat fruit softening, including kiwifruit. However, at industrial scale concerns were raised about the ripening of the white part of the fruit that remain hard, causing an unpleasant taste.

Controlled atmosphere regimes (typically 4.5-5.0% CO₂, 1.8-2.0% O₂) are being applied for long term storage. CA is usually used for bin storage to ensure that fruit are sufficiently firm to sustain subsequent grading and packaging (Woolf, personal communication)

Conclusions

Fruit eating quality factors are very complex traits that are influenced by the interaction of genome, growing conditions, and harvest maturity as well as postharvest handling and storage. Fundamental mechanisms responsible for changes in quality are not completely understood, as most biochemical pathways that determine quality traits are still being identified. Consumer perception of fruit quality

by consumer sensory analysis, combined with instrumental analysis should further define the relationship of individual components responsible for texture, taste and aroma to the total “quality experience”. This includes the role of changes in cell wall components, turgor, sugar and acid transformations, and volatile aroma compound changes in relation to instrumental and sensory testing. Through application of biochemical, genomic, proteomic and microscopic methods to determine fundamental metabolism and its control, the true nature of "ripeness", "eating quality" and "freshness" of fruit products will be revealed, facilitating employment of modern storage and handling technologies to preservation of same. These are challenges to postharvest scientists who will need to solve additional problems if this industry is to continue to expand internationally and continue to be profitable for growers.

References

- Adaskaveg, J.E., Chen, D., Cary, D. and Förster, H. 2022. Overview of management practices with the use of biocontrols, natural products, and conventional fungicides to combat pre- and postharvest diseases of peach and nectarine fruit. *Acta Horticulturae*, 1352: 17-26.
- Atkinson, R.G., Gunaseelan, K., Wang, M.Y., Luo, L.K., Wang, T.C., Norling, C.L., Johnston, S.L., Maddumage, R., Schroder, R., Schaffer, R.J., 2011. Dissecting the role of climacteric ethylene in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) ripening using a 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase knockdown line. *Journal of Experimental Botany*, 62: 3821–3835.
- BautistaBanos S, Long PG, Ganesh S. 1997. Curing of kiwifruit for control of postharvest infection by *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology & Technology*, 12(2):137-45.
- Burdon J, Lallu N, Francis K, Boldingh H. 2007. The susceptibility of kiwifruit to low temperature breakdown is associated with pre-harvest temperatures and at-harvest soluble solids content. *Postharvest Biology & Technology*, 43: 283-290.
- Crisosto, C.H., D. Slaughter, and D. Garner. 2004. Developing maximum maturity indices for “Tree ripe” fruit. *Advances in Horticultural Science*, 18(1): 29-32.
- Fellman JK, Michailides TJ, Manganaris GA. 2013. Biochemical description of fresh produce quality factors. *Stewart Postharvest Review*, 3: 2.
- Hewett, E.W., Kim, H.O. and Lallu, N. 1999. Postharvest physiology of kiwifruit: the challenges ahead. *Acta Horticulturae* 498: 203-216.
- Gwanpua SG, Zhao M, Jabbar A, Bronlund JE, East AR. 2022. A model for firmness and low temperature-induced storage breakdown disorder of ‘Hayward’ kiwifruit in supply chain. *Postharvest Biology & Technology*, 185: 111789.
- Lallu N. 1997. Low temperature breakdown in kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 444: 579-585.
- Lurie S, Crisosto CH. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology & Technology*, 37(3):195-208.
- Manganaris GA, Minas I, Cirilli M, Torres R, Bassi D, Costa G. 2022. Peach for the future: A specialty crop revisited. *Scientia Horticulturae* 305: 111390.

- Manganaris GA, Vicente AR, Martinez P, Crisosto CH. 2019. Postharvest physiological disorders in peach and nectarine. In: Physiological Disorders in Fruits and Vegetables (eds. S. Tonetto de Freitas, S. Pareek). CRC press, pp. 253-264.
- Mari M, Spadoni A, Ceredi G. 2015. Alternative technologies to control postharvest diseases of kiwifruit. Stewart Postharvest Review, 11(4): 1.
- Minas IS, Karaoglanidis GS, Manganaris GA, Vasilakakis M. 2010. Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem-end rot caused by *Botrytis cinerea*. Postharvest Biology & Technology, 58: 203-210.
- Minas IS, Tanou G, Belghazi M, Job D, Manganaris GA, Molassiotis A, Vasilakakis M. 2012. Physiological and proteomic approaches to address the active role of ozone in kiwifruit post-harvest ripening. Journal of Experimental Botany, 63: 2449-2464.
- Minas IS, Vicente AR, Dhanapal AP, Manganaris GA, Goulas V, Vasilakakis M, Crisosto CH, Molassiotis A. 2014. Ozone-induced kiwifruit ripening delay is mediated by ethylene biosynthesis inhibition and cell wall dismantling regulation. Plant Science, 229: 76-85.

UPRAVLJANJE HLADNJAČAMA I MERE ZA UBLAŽAVANJE POJAVE FIZIOLOŠKIH BOLESTI ČUVANJA VOĆAKA SA RAZLIČITIM POTENCIJALOM ZA SKLADIŠTENJE

George Manganaris

*Cyprus University of Technology, Department of Agricultural Sciences,
Biotechnology & Food Science, 3603 Lemesos, Cyprus*

E-mail: george.manganaris@cut.ac.cy

Sažetak

Glavne biohemijske komponente koje doprinose percepцији kvaliteta kod potrošača mogu se podeliti u tri glavne grupe: (a) čvrstoća i tekstura koji su povezani sa „osećajem u ustima“, (b) slatkoća, kiselost, aroma/ukus i trpkost koji su povezani sa ukusom, i, (c) biohemijske komponente koje doprinose izgledu, kao što su boja i izgled pokožice. Na ove osobine značajno utiče produženo skladištenje posle berbe koje dovodi do fizioloških poremećaja. Takvi poremećaji povezani sa hlađenjem se veoma razlikuju u zavisnosti od vrste voćaka koja se čuva. Ovaj rad daje pregled o primeni različitih temperatura u hlađenom skladištu koje se primenjuju za dve komercijalno važne voćne kulture sa kratkim (breskva) i produženim (kivi) skladištenjem. Za obe vrste, oštećenja od niskih temperatura su jedan od glavnih fizioloških problema koji ograničavaju izvoz i potrošnju i česti su razlozi pritužbi veletrgovaca i kupaca. Simptomi se razvijaju tokom zrenja plodova nakon skladištenja u hladnjačama i tada se pojavljuju branašnjavost (suva tekstura), tamnjenje mesa u plodovima breskve i nectarine, kao i pojava diskretnih fleka na spoljašnjem perikarpu koji mogu da formiraju kompletni prsten koji se proteže ka osnovi peteljke, i pojava "vodenih" polja na plodu kivija. U oba slučaja, spolja plodovi izgledaju normalno, a tokom konzumiranja se otkrivaju poremećaji koji obeshrabruju ponovnu kupovinu. Ovaj pregledni rad opisuje protokole za upravljanje sniženim temperaturama u skladištu, opisuje najvažnije poremećaje u vezi sa hlađenjem, zajedno sa predloženim merama kako bi se ovi poremećaju ublažili kod obe vrste.

Ključне reči: breskva; kivi; fiziološki poremećaj; povrede izazvane niskim temperaturama; odloženo skladištenje; brašnavost; pojava unutrašnjih simptoma; nisko-temperaturni kvar, propadanje plodova usled niskih temperatura u hladnjači.

Predavanje po pozivu

BOLESTI VOĆA POSLE BERBE

Ivana Vico, Nina Vučković, Nataša Duduk

*Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd
vico@agrif.bg.ac.rs*

Izvod. Bolesti voća prouzrokovane biljnim patogenima odgovorne su za značajne ekonomske gubitke jer dovode do propadanja plodova tokom skladištenja, transporta i prodaje. Da bi došlo do pojave bolesti voća posle berbe, neophodno je da postoje tri uslova: infektivni parazit, osetljiva biljka domaćin i faktori spoljašnje sredine koji su povoljni za nastanak i razvoj bolesti. Posle berbe, većina plodova postaje osetljivija na patogene i tokom čuvanja oni postaju podložniji propadanju koje najčeće izazivaju fitopatogene gljive, a ređe bakterije. Ovi oportunistički patogeni koji se odlikuju produkcijom velike količine pektolitičkih enzima dovode do pojave trulež i propadanja. Neke od najznačajnijih bolesti voća posle berbe su siva trulež (prouzrokovač *Botrytis cinerea*), plava trulež (prouzrokovači *Penicillium spp.*), smeđa trulež (prouzrokovači *Monilinia spp.*), vlažna trulež (prouzrokovači *Mucor* sp. i *Rhizopus* sp.), crna pegavost i trulež (prouzrokovači *Alternaria spp.*), antraknoza (prouzrokovači *Colletotrichum spp.*), kao i trulež prouzrokovana vrstama iz roda *Fusarium*, i vrstama familija *Botryosphaeriaceae* i *Diaporthaceae*. Bolesti koje se manifestuju posle berbe mogu se razviti kao posledica latentnih infekcija ostvarenih tokom vegetacije, a mogu biti i rezultat infekcija ostvarenih tokom i/ili posle berbe. Zbog toga je u cilju smanjivanja gubitaka, mere zaštite od bolesti voća posle berbe neophodno primenjivati pre ostvarivanja infekcije, odnosno njihova primena mora započeti u toku vegetacije i mora se nastaviti u toku i posle berbe.

Ključne reči: siva trulež, plava trulež, smeđa trulež, antraknoza, mere zaštite.

Uvod

Posle berbe, transport i čuvanje sledeća su značajna faza u procesu dospevanja plodova od proizvođača do potrošača. Nažalost, i u ovoj fazi plodovi su podložni bolestima i propadanju. Bolesti voća koje su prouzrokovane biljnim patogenima odgovorne su za značajne ekonomske gubitke kako u kvantitetu, kada plodovi postaju potpuno neupotrebljivi, tako i u kvalitetu, kada je smanjena tržišna vrednost ploda. Osim toga, štete koje su posledica bolesti prouzrokovanih fitopatogenim gljivama ogledaju se i u mogućoj kontaminaciji plodova mikotoksinima, toksičnim metabolitima ovih patogena koji su opasni po zdravlje čoveka i životinja. U cilju smanjivanja ovih gubitaka i preuzimanja odgovarajućih mera zaštite, važno je poznavati prouzrokovače bolesti voća posle berbe i uslove pod kojima nastaju.

Bolesti voća posle berbe, kao i sve biljne bolesti, nastaju kao rezultat međusobnog delovanja biljke domaćina, jednog ili više patogena i uslova spoljašnje sredine. Biljka domaćin obezbeđuje hranu i stanište prouzrokovacima bolesti i na napad od strane patogena može ispoljavati čitavu lepezu odgovora: od osetljivosti do otpornosti. Kod ubranih plodova, posle berbe i tokom čuvanja, dolazi do brojnih fizioloških promena koje dovode do povećavanja osetljivosti prema patogenima, prouzrokovacima bolesti posle berbe (Barkai-Golan, 2001). Tada voće postaje podložno različitim vrstama truleži i propadanja koje najčešće prouzrokuju gljive, a ređe bakterije. Mnoge gljive koje su postžetveni patogeni se u prirodi nalaze u zemljištu gde učestvuju u razlaganju organske materije, ali u prisustvu osetljivog domaćina mogu da ostvare infekciju, kolonizuju biljno tkivo i dovedu do pojave bolesti. Zbog toga se označavaju kao oportunistički patogeni ili patogeni dobre prilike. Odlikuju se proizvodnjom velike količine pektolitičkih enzima kojima dovode do truleži i propadanja biljnih tkiva i organa, a neke vrste imaju i sposobnost stvaranja toksina. Takođe, izrazito značajna karakteristika većine postžetvenih patogena je širok krug domaćina (Pitt & Hocking, 2009; Scholberg & Conway, 2016).

U slučaju kada postoje infektivni parazit i osetljiva biljka domaćin, faktori spoljašnje sredine imaju odlučujući uticaj na nastanak, razvoj i intenzitet propadanja plodova. Ovaj kompleks faktora koji okružuje i utiče na živa bića na mestu na kom žive, deluje na domaćina i na patogena pre nego što se zaraza ostvari, kao i na kompleks patogen-domaćin posle ostvarene infekcije utičući na razvoj bolesti. Pre infekcije nepovoljni faktori spoljašnje sredine mogu povećati predispoziciju biljke prema bolesti, i suprotno, biljke gajene u povoljnim uslovima imaju veću otpornost prema patogenima i mogu se duže čuvati (Teixido et al., 2010). Posle ostvarene infekcije faktori spoljašnje sredine takođe mogu delovati različito na obolele biljke u toku vegetacije ili posle berbe, ali bez obzira na to kada je infekcija ostvarena, od uslova u skladištu zavisi kakav će biti tok i intenzitet bolesti (Sholberg & Conway, 2016).

Bolesti voća koje se manifestuju posle berbe mogu se razviti kao posledica latentnih infekcija ostvarenih tokom vegetacije, a mogu biti i rezultat infekcija ostvarenih tokom i/ili posle berbe. Osnovna karakteristika bolesti voća koje su nastale iz infekcija ostvarenih tokom vegetacije je neispoljavanje oboljenja na zaraženim biljkama ili biljnim delovima. Odsustvo simptoma može nastati zbog infekcija koje su se desile kasno tokom vegetacije ili zbog latentne zaraze. Većina patogena koji ostvaruju infekciju tokom vegetacije su prouzrokovaci skrivenih, pritajenih ili latentnih zaraza. Karakteristika ove grupe patogena je da mogu direktno da prodiru u biljno tkivo. Nakon ostvarene infekcije njihov razvoj je ograničen i tek usled fizioloških i biohemijskih promena u plodovima posle berbe, napreduju u kolonizaciji tkiva i bolest nastavlja svoj razvoj. Tada dolazi do slabljenja odbrambenih mehanizama biljke domaćina što pogoduje razvoju ove grupe patogena. Ekonomski značajni patogeni kao što su gljive iz rodova *Colletotrichum*, *Monilinia*, *Botrytis* i *Alternaria* mogu ostati dugo u latentnoj fazi u nezrelim plodovima. S druge

strane, bolesti koje se manifestuju u toku čuvanja mogu biti posledica infekcije u toku ili posle berbe. Ove infekcije ostvaruje grupa patogena koja, za razliku od patogena koji ostvaruju infekciju tokom vegetacije, nema sposobnost direktnog prodiranja već u biljno tkivo prodire isključivo kroz povrede ili rane, zbog čega se i označavaju kao paraziti rana. U ovu grupu spadaju gljive iz roda *Penicillium*, *Rhizopus*, *Aspergillus* i druge (Vico & Duduk, 2020). Nakon ostvarene infekcije, ono što je zajedničko za prouzrokovale bolesti posle berbe je da sintetišu velike količine različitih enzima i toksina kojima dovode do pojave bolesti voća. Neke od najznačajnijih bolesti voća posle berbe, njihovi prouzrokovaci, kao i mere zaštite opisani su u daljem tekstu.

Siva trulež

Sivu trulež voća prouzrokuje *Botrytis cinerea*. Ova fitopatogena gljiva se na osnovu ekonomskog i naučnog značaja bolesti koju prouzrokuje nalazi na drugom mestu najznačajnijih fitopatogenih gljiva u svetu (Dean et al., 2012). *B. cinerea* ima veoma širok krug domaćina (više od 200 biljnih vrsta) i prouzrokovac je ekonomskih šteta tokom vegetacije i posle berbe, a predstavlja jednu od najrasprostranjenijih i najznačajnijih vrsta koja prouzrokuje trulež voća i povrća posle berbe (Williamson et al., 2007).

Siva trulež se na voću manifestuje promenom boje i razmekšavanjem tkiva koje je praćeno pojavom micelijske navlake i intenzivne sporulacije sive boje (Slike 1-3) po čemu je oboljenje dobilo ime (*grey mold*). Ekonomski je najštetnija bolest plodova jagode, maline, kupine, borovnice, grožđa, kivija, kruške, jabuke, dunje, nara i drugog voća. Iako *B. cinerea* nije jedan od osnovnih prouzrokovaca propadanja plodova koštičavog voća (npr. kajsije, šljive, trešnje) i citrusa (limuna i pomorandže), u pogodnim uslovima može prouzrokovati značajne ekonomске štete i na ovom voću posle berbe (Romanazzi & Feliziani, 2014).

Prouzrokovac sive truleži, gljiva *B. cinerea*, formira miceliju bele do tamne boje, na kojoj se formiraju razgranate konidiofore sa obiljem konidija koje podsećaju na grozd (starogrčki *botrys* – grozd). Obrazuje i mikrokonidije, kao i hlamidospore i sklerocije koje imaju ulogu u preživljavanju nepovoljnih uslova spoljašnje sredine. Održava se u zemljištu u vidu sklerocija ili micelije u biljnim ostacima. Uloga sklerocija je značajnija za preživljavanje *B. cinerea* i one su primarni izvor inokulum. U proleće se formiraju konidiofore i konidije koje se lako šire vazduhom ili insektima i naseljavaju mrtve delove cveta. Infekcije koje nastaju tokom vegetacije često ostaju latentne i ispoljavaju se posle berbe. U voćnjacima, *B. cinerea* retko izaziva oboljenje na jabučastom voću tokom vegetacije i siva trulež na jabučastom voću tokom čuvanja najčešće je posledica latentnih zaraza ostvarenih tokom vegetacije kroz rane, drške ili cvetne lože ploda. Kod višegodišnjih zasada suvi biljni delovi, lišće, cvetovi i mumificirani plodovi u kojima se održava micelija,

takođe predstavljaju mesta na kojima dolazi do sporulacije i oni mogu biti značajni izvori zaraze plodova (Romanazzi & Feliziani, 2014).

Siva trulež u skladištu može biti i posledica infekcije voća posle berbe, tokom skladištenja. Prisustvo konidija *B. cinerea* na ambalaži, vodi za pranje i u vazduhu, kao i povreda nastalih tokom berbe i manipulacije plodovima doprinose ostvarivanju infekcije i pojavi sive truleži. *B. cinerea* je tipični nekrotrof koji prvo ubija biljne ćelije, a zatim kolonizuje mrtvo tkivo. Odlikuje se proizvodnjom pektolitičkih i drugih enzima kojima uspešno razlaže tkivo domaćina u toku kolonizacije. Takođe, *B. cinerea* se lako širi sa zaraženog na okolne zdrave plodove. Optimalna temperatura za rast ove gljive je 20°C, maksimalna 30°C, dok je minimalna temperatura -2°C što čini *B. cinerea* jednim od najznačajnijih postžetvenih patogena, čak i u savremenim uslovima čuvanja (Mitcham & Mitchell, 2002).



Slike 1-3. Siva trulež na plodovima jagode, jabuke i kupine (pruzrokovač *Botrytis cinerea*)

Plava trulež

Prouzrokovači plave truleži voća su gljive iz roda *Penicillium*. Vrste ovog roda imaju širok krug domaćina, patogeni su rana i prouzrokuju trulež i plesnivost. Na zaraženim biljnim delovima obilno sporuliju, formiraju masu plavih spora (Slike 4-5), zbog čega se oboljenje koje izazivaju naziva plava trulež ili plava plesnivost (*blue mold*). Pojava plave truleži i ekonomске štete koje su posledica bolesti posebno su izražene kod voća koje se dugo čuva, Tako, na plodovima jabuke, koji se mogu čuvati i do 12 meseci, plava trulež predstavlja jedno od ekonomski najznačajnijih oboljenja. Osim toga, *Penicillium* spp. imaju sposobnost stvaranja mikotoksina kojima kontaminiraju biljne proizvode i čine ih toksičnim za ishranu. Iako je više vrsta opisano, najznačajniji prouzrokovač plave truleži plodova jabuke (i kruške) je *Penicillium expansum*, ali je mogu prouzrokovati i *P. crustosum* i *P. solitum*. U našoj zemlji je *P. expansum* dominantan prouzrokovač plave truleži jabučastog voća, dok se *P. crustosum* i *P. solitum* ređe javljaju (Vico et al., 2014; Vico et al., 2014a; Žebeljan et al., 2021). Osim na jabučastom voću, *Penicillium* spp. prouzrokuju ekonomski najznačajnije oboljenje na plodovima citrusa u svetu, a dominantne vrste su *P. digitatum*, prouzrokovač zelene truleži i *P. italicum*, prouzrokovač plave truleži plodova citrusa.



Slike 4-5. Plava trulež na plodovima jabuke i limuna (prouzrokovač *Penicillium* spp.)

Penicillium expansum je jedna od ekonomski najznačajnijih postžetvenih patogena i dobro je prilagođen za ostvarivanje infekcije plodova u uslovima skladišta. Dominantna je vrsta na plodovima jabuke, ali se često javlja i na plodovima kruške. Zabeležene štete iznose od 10-30%, a mogu biti i preko 50%, a štetnost ove vrste ogleda se i u tome da je *P. expansum* glavni zagađivač zaraženih plodova mikotoksinom patulinom. Pored plodova jabuke i kruške, *P. expansum* je

izolovan i iz plodova trešnje, breskve, šljive, avokada, manga, i grožđa, a može se naći na orasima i pistačima (Frisvad & Samson, 2004; Pitt & Hocking, 2009).

Karakteristični simptom koji izaziva *P. expansum* na plodovima jabuke i kruške je pojava plave truleži u vidu vodenastih, smeđih pega oko mesta prodiranja i ostvarivanja infekcije. U unutrašnjosti ploda postoji jasna granica između trulog i zdravog tkiva i truli deo se lako može odvojiti, a ono što ostaje je udubljenje glatkih ivica koje ima izgled „činije“ (Slika 6). U okviru truleži na površini ploda patogen obilno formira konidiofore i konidije plave boje (plava plesnivost). Zaraženi plodovi imaju karakterističan miris na buđ (Vico & Duduk, 2020).



Slika 6. Plava trulež (pruzrokovač *Penicillium* sp.): udubljenje - „činija“ u zaraženom plodu nakon uklanjanja trulog tkiva

Zaraza plodova gljivama iz roda *Penicillium* ostvaruje se konidijama i to najčešće kroz povrede i rane nastale tokom ili posle berbe. Konidije se šire vazduhom ili vodom. Sveže povrede su najpovoljnije za prodiranje, dok se starenjem povreda smanjuje i time i efikasnost prodiranja (zbog nagomilavanja lignina, tanina i drugih odbrambenih jedinjenja biljke oko mesta povrede). Ređe, mesto prodora mogu biti i prirodni otvori, zbog čega su tokom čuvanja posebno osjetljive sorte jabuke sa otvorenim lenticelama ili lenticelama širokog opsega (Amiri & Bompeix, 2005). Prezreli ili dugo uskladišteni plodovi su vrlo osjetljivi, posebno ako su nagnjećeni ili povredjeni. Infekcija se može ostvariti i pri temperaturi od 0°C. Sa zaraženih plodova *Penicillium* spp. se lako šire na zdrave plodove izazivajući tzv. „gnezda“. Intenzitet pojave oboljenja zavisi od uslova čuvanja (temperature,

relativne vlažnosti vazduha), dužine čuvanja, osetljivosti domaćina, broja povreda i građe lenticela, kao i koncentracije inokuluma (broja konidija). *Penicillium* spp. u skladište mogu dospeti sa zemljištem, ili na plodovima, ali dugotrajno čuvanje plodova omogućava akumulaciju konidija koje se lako šire vazduhom i mogu biti prisutne na podovima, zidovima, kontaminiranim gajbicama i vodi za transport plodova. Plava trulež je tipično oboljenje voća u skladištu i retko se javlja na plodovima jabuke u voćnjacima (Amiri & Bompeix, 2005). Razlog je taj što se *Penicillium* vrste mogu razvijati i pri niskim temperaturama. Minimalna temperatura za porast *P. expansum* je -2°C, a po nekim autorima čak i -6°C. Optimalna relativna vlažnost vazduha za rast gljive je 82-95%, a minimalna za sporulaciju 85%. Odlikuje se malim zahtevima prema O₂ i nesmetano raste i pri koncentraciji O₂ manjoj od 2,1%. Tolerantna je prema sadržaju CO₂ i koncentracije CO₂ do 15% pospešuju porast, dok više koncentracije CO₂ deluju inhibitorno. Kao što se vidi, uslovi u skladištu u potpunosti pogoduju razvoju ovih vrsta gljiva (Pitt & Hocking, 2009).

Smeđa ili mrka trulež

Smeđu ili mrku trulež na voću prouzrokuju vrste iz roda *Monilinia*, ekonomski značajni patogeni koštičavog i jabučastog voća: breskve, nektarine, kajsije, šljive, trešnje, višnje, badema, jabuke i kruške. Najznačajniji prouzrokovaci propadanja koštičavog voća su *M. fructicola* i *M. laxa*, a jabučastog voća *M. fructigena*. Četvrta vrsta, *Monilia polystroma* koja je opisana 2002. godine prouzrokuje bolest kako jabučastog, tako i koštičavog voća. Bolest koju ove vrste prouzrokuju manifestuje se pored sušenja cvetova, grančica i grana, i simptomima truleži plodova tokom vegetacije, berbe i posle berbe. Trulež na plodovima je smeđe ili mrke boje (Slike 7-8) po čemu je bolest dobila ime (*brown rot, Monilinia rot*). Na površini zaraženih plodova se formiraju sporodohije ili micelijski jastučići, koji mogu biti koncentrično raspoređeni i u okviru kojih dolazi do sporulacije. Na plodovima koji se čuvaju u tami *M. fructigena* prouzrokuje i crnu trulež, gde tkivo dobija skoro crnu boju i na zahvaćenom delu ploda ne dolazi do sporulacije (Vico & Duduk, 2020). Zbog ekonomskog značaja u proizvodnji koštičavog i jabučastog voća *M. fructicola* ima karantinski status u Evropi, a *M. fructigena* u Americi. U našoj zemlji je *M. fructicola* prvi put opisana na plodovima jabuke, a zatim i nektarine (Vasić et al., 2012; Hrustić et al., 2013). Međutim, 2018. godine *M. fructicola* je postala i ekonomski najznačajnija postžetvena vrsta prouzrokovac truleži koštičavog voća u našoj zemlji, jer je zbog latentnog prisustva u ubranim plodovima koje je dovelo do ispoljavanja truleži tokom transporta i prodaje, zaustavljen izvoz breskve. Zbog toga se u našoj zemlji intenzivno sprovodi nadzor prisustva ove vrste na koštičavom voću.



Slike 7-8. Smeđa trulež na plodovima jabuke (prouzrokovac *Monilinia* spp.)

Vrste roda *Monilinia* prezimljavaju u obliku micelije u rak ranama grana i grančica, kao i u mumificiranim pladovima u krošnji drveta ili na površini zemljišta. Konidije formirane na zaraženom tkivu prenose se vетром, kišnim kapima i insektima i ostvaruju primarne infekcije (Byrde & Willets, 1977). Askospore formirane na opalim mumijama takođe mogu da predstavljaju primarni inokulum. Infekcija se ostvaruje u fazi cvetanja najčešće preko tučka, ali najznačajnije mesto prodiranja ovih patogena su povrede i rane. Plodovi oštećeni od ptica, insekata, usled pucanja pokoričnog tkiva i plodovi koji su u kontaktu sa zaraženim plodovima su podložniji infekciji. Na koštičavom voću patogen može da prodire osim kroz rane i direktno, i kroz prirodne otvore. Plodovi koštičavih vrsta voćaka mogu biti zaraženi u svim fazama razvoja, ali i kasnije tokom transporta, skladištenja i na prodajnim mestima. Najveće štete nastaju zarazama potpuno formiranih plodova neposredno pred berbu. Vrste roda *Monilinia*, a posebno se to odnosi na *M. fructicola*, mogu izazivati latentne zaraze na koštičavom voću (breskva, nektarina, šljiva, kajsija i trešnja). Interesantno je da je *M. fructicola* ipak aktivna tokom latentne faze, jer sporo kolonizuje subkutikularni sloj ploda (Garcia-Benitez et al., 2016). Dužina latentnog perioda zavisi od temperature, vlažnosti i debljine kutikule plodova. U povoljnijim uslovima intenzivno kolonizuju biljno tkivo i lučenjem pektolitičkih enzima dovode do pojave truleži. Temperatura ima velikog značaja za klijanje konidija (pri 25°C klijaju za 4h, dok pri 4°C za 24h) i porast gljiva iz roda *Monilinia* (optimalna temperatura je 20-25°C). Pojava oboljenja je naročito izražena u vlažnim godinama.

Vlažna trulež

Vlažnu trulež voća prouzrokuju vrste gljiva iz dva roda: *Rhizopus* i *Mucor*, a najznačajniji među njima su *Rhizopus stolonifer* i *Mucor piriformis*. *R. stolonifer* je značajan postžetveni patogen voća, a posebno plodova jagode i koštičavog voća i vlažna trulež prouzrokovana ovom gljivom se ubraja među najdestruktivnije jer

dovodi do brzog propadanja plodova. Postoji više naziva bolesti koju izaziva *R. stolonifer*: po prouzrokovajući i destruktivnoj truleži plodova - *Rhizopus rot*, mekoj konzistenciji plodova - *soft rot* (Slika 9), izlivajući sadržaja čelijskog soka zaraženog ploda - *leak rot*, ili truleži koja se često javlja tokom transporta - transportna trulež, *transit rot*. Bolest se manifestuje razmekšavanjem tkiva na kom gljiva intenzivno sporuliše formirajući crne sporangiospore i otuda još jedno ime bolesti - *black mold*. Može da izazove velike gubitke (i preko 80%) prilikom neadekvatnog čuvanja pri višim temperaturama (Bautista-Baños et al., 2014).



Slika 9. Vlažna trulež plodova jagode (prouzrokovac *Rhizopus stolonifer*)

Rhizopus stolonifer se održava u biljnim ostacima i u zemljištu, u obliku zigospora, ali i sporangiospore mogu ostati vitalne nekoliko meseci. Sporangiospore se lako šire vетrom, a mogu ih prenositi i insekti. *R. stolonifer* prodire kroz povrede i brzo kolonizuje biljno tkivo. Poseduje jake pektolitičke enzime kojima izaziva razaranja čelijske strukture, curenje čelijskog sadržaja, brzu trulež i propadanje plodova. U povoljnim uslovima brzo i obilno sporuliše, najčešće potpuno prekrivajući zaraženo tkivo masom sporangiofora i tamnih sporangija i sporangiospora. Zaraženi plodovi nisu pogodni ni za postupke prerade jer pektolitički enzimi koje *R. stolonifer* stvara mogu da se održe i posle postupka konzervisanja (Maas, 1998). *R. stolonifer* raste pri temperaturama od 4,4-36°C, a optimalna temperatura za porast je 25°C. Pojavi oboljenja pogoduju prisustvo povreda na plodovima i temperatura viša od 15°C.

Mucor piriformis, tokom čuvanja, najčešće prouzrokuje trulež na kruškama, jabukama, breskvama, nektarinama, trešnjama, višnjama i mandarinama (Michailides & Spotts, 1990). Kao i kod vrsta iz roda *Rhizopus* i *Mucor* spp. prouzrokuju vlažnu trulež (*soft*

rot) koja je praćena curenjem čelijskog sadržaja (*leak rot*). Međutim, vlažna trulež prouzrokovana vrstama roda *Mucor* (*Mucor rot*) se javlja i u uslovima hlađenja, jer ove vrste mogu da rastu i ostvaruju infekcije i pri temperaturama od 0°C. Time ova vrsta može da dovede do značajnih gubitaka plodova jabučastog (kruške i jabuke) i koštičavog voća (breskve, nektarine i šljive) u hladanjačama (Michailides & Spotts, 1990). Ekonomski značajna pojava vlažne truleži plodova mandarine prouzrokovane *Mucor* sp. tokom dugog perioda čuvanja u hladnjačama utvrđena je u Kaliforniji tokom 2014 i 2015. godine (Saito et al., 2016).

Mucor piriformis se održava u zemljištu i na biljnim ostacima (plodovi, koštice) u vidu micelije ili sporangiospora. Najduže se održava u hladnim i suvim zemljištima. Gljiva može da se održi u zemljištu 19-20 meseci, a na zaraženim plodovima i do godinu dana. Osim toga, ova vrsta može da se razvija i na opalim listovima kada su temperature niže. Infekcije se najčešće ostvaruju prodiranjem sporangiospora kroz povrede, ali i kroz prirodne otvore kao što su peteljka ploda i cvetna loža. Sporangiospore se šire sa zaraženih plodova kišom, insektima ili drugim životinjama. U skladište dospevaju na asimptomatičnim plodovima ili okuženom zemljom na ambalaži. Tokom čuvanja, bolest se lako širi na okolne plodove direktnim kontaktom ili putem soka koji se izliva iz zaraženih plodova, a u kom se nalaze sporangiospore (Barkai-Golan, 2001; Saito et al., 2016). Ono što je karakteristika vlažne truleži prouzrokovane vrstama roda *Mucor* je da se razvija pri temperaturama 0-24°C, a optimalna temperatura za razvoj je 21°C, tako da se *Mucor rot* javlja i u hladnjačama, a posebno je intenzivna njena pojava kod dužeg čuvanja plodova. Vrste rodova *Rhizopus* i *Mucor* nekada je teško razlikovati jer im je slična morfologija, izazivaju pojavu sličnih simptoma (Slike 10-11) i imaju sličan, širok krug domaćina.



Slike 10-11. Vlažna trulež plodova višnje i jabuke

Antraknoza

Antraknozu plodova tokom vegetacije i posle berbe prouzrokuju vrste iz roda *Colletotrichum*. Ove vrste se nalaze na osmom mestu najznačajnijih fitopatogenih gljiva u svetu zbog ekonomskog značaja i velike proučavanosti (Dean et al., 2012). Bolest koju prouzrokuju, antraknoza, ispoljava se pojmom tamnih kružnih udubljenih pega, vlažnog ili masnog izgleda, u okviru kojih se obrazuju najčešće koncentrično raspoređene acervule i narandžaste kapljice eksudata sa masom spora (Slike 12-13). *Colletotrichum* spp. karakteriše latentna zaraza plodova, odnosno infekcije koje ostvare tokom vegetacije nisu vidljive i bolest se tek ispoljava na plodovima posle berbe (Prusky, 1996). Kao postžetveni patogeni prouzrokovači su ekonomskih šteta na tropskom voću (avokado, mango, papaja, banana, citrusi), ali i na plodovima jagode i jabuke (*bitter rot*).



Slike 12-13. Antraknoza na plodovima jabuke i jagode (prouzrokovač *Colletotrichum* sp.)

Vrste roda *Colletotrichum* se mogu održavati u zaraženim biljkama, biljnim ostacima, opalim zaraženim plodovima, mumificiranim plodovima, kao i konidijama u zemljištu. Neke vrste mogu da formiraju i mikrosklerocije kojima se održavaju u zemljištu za vreme nepovoljnih uslova. Infekcije plodova se ostvaruju konidijama koje se prenose kišom ili prilikom zalivanja, insektima, ili prstima tokom berbe jagode. Za klijanje konidija i ostvarivanje infekcije neophodna je visoka vlažnost vazduha. Na zelenim plodovima zaraze su latentne, a sazrevanjem plodova dolazi do ispoljavanja simptoma antraknoze tokom berbe ili posle berbe. Tople i izrazito vlažne godine, sa puno kiše su godine koje pogoduju razvoju *Colletotrichum* vrsta. Optimalna temperatura za razvoj je 25°C. Najznačajnije vrste roda su C.

gloeosporioides i *C. acutatum*. Zbog velike morfološke i genetičke varijabilnosti označavaju se kompleksnim vrstama (Vico & Duduk, 2020).

Crna pegavost i trulež

Crnu pegavost i trulež prouzrokuju vrste gljiva iz roda *Alternaria*. Ove vrste se ubrajaju u grupu značajnih postžetvenih patogena zbog sposobnosti da zaraze kako plodove, tako i druge vegetativne biljne organe. Prisutne su širom sveta i odlikuju se širokim krugom domaćina koji obuhvata i voće. Osim crne pegavosti i truleži koju prouzrokuju na plodovima jabuke (Slika 14), banane, lešnika, oraha, mandarine, dinje, kruške i drugog voća, mogu da prouzrokuju i trulež unutrašnjeg dela ploda jabuke, nektarine i nara (Troncoso-Rojas & Tiznado-Hernández, 2014). U okviru roda najčešći prouzrokovač bolesti voća posle berbe je vrsta *Alternaria alternata*, koja osim direktnih gubitaka nastalih pojавom oboljenja tokom čuvanja, prouzrokuje štete indirektno kontaminacijom plodova mikotoksinima, jer spada u grupu toksigenih gljiva (Barkai-Golan, 2001; Troncoso-Rojas & Tiznado-Hernández, 2014).



Slika 14. Crna pegavost i trulež ploda jabuke (prouzrokovač *Alternaria* sp.)

A. alternata je nekrotrof koji se lako održava u vidu micelije ili konidija u zemljištu, na ili u semenu, zaraženim biljnim ostacima i višegodišnjim domaćinima. Infekcija biljaka može nastati pre, u toku i posle berbe i nju ostvaruju konidije. *A. alternata* najčešće prodire kroz rane i povrede (kod jabuke, kruške, manga i drugog), može da prodire kroz prirodne otvore – stome i lenticelle (npr. kod mandarine), a ređe može i direktno da prodire, kroz nepovređeno biljno tkivo. Period od ostvarivanja

infekcije do ispoljavanja simptoma može biti dug, tako da su i vrste roda *Alternaria* prouzrokovaci latentnih zaraza. Optimalna temperatura za porast je 25°C, minimalna 5-6,5°C i maksimalna 36°C. Optimalna pH za porast je 4-4,5, ali može da raste u širokom opsegu pH sredine 2,7-8 (Troncoso-Rojas & Tiznado-Hernández, 2014).

Trulež prouzrokovana vrstama roda *Fusarium*

Fusarium spp. su prouzrokovači različitih oboljenja, najčešće tipa truleži koja može biti po tipu vlažna ili suva. Fuzarijumska trulež može dovesti do propadanja plodova jabuke, kruške, avokada i citrusa tokom čuvanja (Snowdon, 1991; Barkai-Golan, 2001). Vrste roda *Fusarium* zajedno sa *Aspergillus* i *Penicillium* vrstama predstavljaju najznačajnije toksigene vrste kontaminante biljnih proizvoda (Pitt & Hocking, 2009).

Vrste roda *Fusarium* se održavaju u zemljištu, a infekcije ostvaruju konidijama koje se šire vетrom ili vodom. Uskladišteni plodovi mogu biti kontaminirani konidijama tokom vegetacije i tako dospeti u skladište. *Fusarium* spp. prodiru kroz povrede ili rane u plodove koji su oslabljeni izlaganjem niskim temepraturama. Plodovi čuvani dugo na niskim temperaturama su osjetljiviji na infekciju gljivama ovog roda. Simptomi zaraze se ispoljavaju u vidu vlažne truleži, a na površini gljiva obrazuje miceliju koja može biti bele, žute ili roze boje zavisno od vrste (Slika 15). Trulež se širi u unutrašnjost plodova i smeđe je boje. Među vrstama ovog roda ima onih koje mogu da rastu na niskim temperaturama, kao što je *F. avenacearum* koji raste pri temperaturi od -3°C. Optimalna temperatura za porast je od 25°C do 30°C (Snowdon, 1990; Barkai-Golan, 2001).



Slika 15. Trulež plodova jabuke (prouzrokovač *Fusarium* sp.)

Smeđa trulež prouzrokovana vrstama iz familija Botryosphaeriaceae i Diaporthaceae

Najznačajniji prouzrokovači smeđe truleži plodova voća u toku vegetacije, ali i kasnije tokom čuvanja su vrste roda *Monilinia*. Međutim, simptom truleži smeđe boje na plodovima mogu prouzrokovati i druge vrste fitopatogenih gljiva iz različitih familija među kojima i gljive iz familija Botryosphaeriaceae i Diaporthaceae. Ove gljive se ubrajaju u fitopatogene vrste koje prvenstveno kolonizuju stablo voćaka, ali mogu zaraziti i plodove (Slippers & Wingfield 2007).

Vrste iz familije Botryosphaeriaceae su ekonomski značajni patogeni voćnih, šumskih i ukrasnih biljaka i prouzrokovači su raka stabla, sušenja i propadanja grana i grančica, ali i truleži plodova (Slippers & Wingfield 2007; Zlatkovic et al. 2016, 2017; Slippers et al. 2017; Sakalidis et al. 2021). U svetu se često zajedno sa gljivama iz familije Botryosphaeriaceae opisuju i gljive iz familije Diaporthaceae jer izazivaju slične simptome na različitim biljnim vrstama uključujući i jabuku. Najznačajniji rod familije Diaporthaceae je *Diaporthe* (syn. *Phomopsis*), koji obuhvata prouzrokovače ekonomski štetnih oboljenja ratarskih, voćarskih i šumskih biljaka. Prouzrokovači su raka grana, izbeljivanja lastara, sušenja, truleži drveta, ali i truleži plodova. Novija ispitivanja ukazuju na ekspanziju ovih vrsta kao prouzrokovača propadanja plodova kivija, svog grožđa, citrusa i avokada posle berbe (Farr & Rossman, 2021).

Trulež voća posle berbe koju prouzrokuju vrste familije Botryosphaeriaceae i roda *Diaporthe* manifestuje se promenom boje tkiva u svetlo do tamno smeđu. Trulo tkivo može biti ugnuto ili izdignuto, natečeno i tad se na površini ploda mogu uočiti kapljice biljnog soka (Slika 16). Na plodovima se u kasnijim fazama bolesti može javiti i sporulacija patogena.



Slika 16. Trulež ploda jabuke prouzrokovana gljivom *Botryosphaeria dothidea*

(fam. Botryosphaeriaceae)

Iz familije Botryosphaeriaceae na plodovima jabuke svetlo do tamno smeđu trulež najčešće izaziva *Diplodia seriata*, a zatim *Botryosphaeria dothidea* (Stojanović et al. 2003; Vasić et al., 2013; Vučković et al., 2022), a na plodovima dunje *D. eres* iz familije Diaporthaceae i *D. seriata* iz familije Botryosphaeriaceae (Ristić et al., 2016; Vico et al., 2017). Novija istraživanja sprovedena u Srbiji pokazala su mnogo veći diverzitet vrsta koje prouzrokuju smeđu trulež jabučastog voća. Tako su kao prouzrokovači smeđe truleži i novi patogeni plodova jabuke u našoj zemlji utvrđene *Diplodia bulgarica*, *Diplodia sapinea* i *Neofusicoccum yunnanense* (fam Botryosphaeriaceae), kao i *Diaporthe eres* (fam. Diaporthaceae), a dunje i mušmule *D. sapinea*. U ovom istraživanju *Diaporthe rufidis* izolovana u Srbiji je prvi put opisana kao patogen plodova jabuke u svetu (Vučković et al., 2022).

U svetu se intenzivna pojava vrsta iz familije Botryosphaeriaceae i Diaporthaceae vezuje za klimatske promene, blage zime, topla i sušna leta i izloženost biljaka stresu koji pogoduje pojavi i učestalosti oboljenja koje prouzrokuju.

Mere zaštite voća od bolesti posle berbe

Bolesti voća koje se manifestuju u toku čuvanja mogu biti posledica infekcije koja je ostvarena u toku vegetacije, u toku berbe ili tokom čuvanja. To je razlog zbog kog se mere zaštite od postžetvenih bolesti moraju primenjivati pre ostvarivanja infekcije, odnosno one moraju početi u toku vegetacije - pre berbe, i moraju se nastaviti u toku i posle berbe.

Mnogi biljni patogeni dospevaju u skladište iz voćnjaka, zbog čega pravilna primena mera u toku vegetacije istovremeno može redukovati i mogućnost pojave bolesti posle berbe (Teixido, 2010). Postoji veći broj mera koje se koriste u zaštiti biljaka od bolesti u toku vegetacije i one obuhvataju primenu administrativnih, agrotehničkih, hemijskih, bioloških, fizičkih i mehaničkih mera. Navedene mere se mogu primenjivati samostalno, ali je kontrola najuspešnija onda kada se ove mere kombinuju.

U toku berbe najznačajnija mera zaštite od bolesti je izbegavanje povređivanja plodova. Mehaničke povrede koje na plodovima mogu nastati u toku berbe, osnovno su mesto prodora prouzrokovača postžetvenih bolesti. Zbog toga se pažljivom manipulacijom plodovima značajno smanjuje mogućnost pojave infekcije i nastanka bolesti voća. Osim toga, ne treba zanemariti ni fiziološke povrede koje mogu nastati delovanjem niskih ili visokih temperatura, nedostatka kiseonika ili delovanjem drugih faktora stresa koji se javljaju u spoljašnjoj sredini (Vico & Duduk, 2020).

Posle berbe u zaštiti voća od propadanja mogu se primeniti mere sanitacije, hemijske, biološke i fizičke mere, kao i zaštita od bolesti modifikovanjem uslova u kojima se voće čuva. Prva, najjednostavnija, a izuzetno značajna mera je sanitacija. Ona predstavlja eliminaciju inokuluma patogena koji može biti prisutan u vazduhu,

na zidovima i podovima skladišta, u vodi za transport plodova, na ili u zaraženim biljkama ili biljnim ostacima u prostoru za pakovanje i skladištenje, na ambalaži i opremi za pakovanje, kao i kamionima za transport, odgovarajućim dezifikacionim sredstvima i metodama. Eliminacijom inokulum sa kojim dolaze u kontakt ubrani plodovi smanjuje se opasnost od infekcije i propadanja voća posle berbe (Barkai-Golan, 2001; Sholberg, 2004). Sledeća mera za sprečavanje pojave i razvoja bolesti voća posle berbe je upotreba hemijskih (fungicidi ili druga hemijska jedinjenja koja se smatraju bezbednim za čoveka - GRAS) i bioloških sredstava (biofungicidi) za tretiranje plodova. Tretmani fungicidima su najefikasniji metod redukovanja pojave truleži i idealno oni štite plodove od zaraze koja se javila pre tretmana, uključujući i latentne infekcije nastale u polju, i obezbeđuju zaštitu plodova od infekcija u toku rukovanja, transporta, pakovanja, čuvanja, odnosno skladištenja i iznošenja na tržište (Spotts et al., 1998). Međutim, upotreba fungicida posle berbe u našoj zemlji i Evropskoj uniji nije dozvoljena, ili je vrlo ograničena. Alternativa su tretmani biološkim agensima - biofungicidima. Primenu bioloških agenasa najčešće smatramo biološkom kontrolom mada ona podrazumeva više jer osim primene antagonista, podrazumeva i primenu proizvoda njihovog metabolizma, zatim, tretmane supstancama biljnog ili životinjskog porekla, kao i supstancama koje se nalaze u prirodi, a nakon nanošenja povećavaju otpornost biljke prema patogenima (minerali, masne kiseline i sl.) (Janisiewicz et al., 2010). Fizičke mere zaštite od postžetvenih bolesti dobijaju sve više na značaju. Među njima značajno je delovanje visokih temperatura, jonizujućeg i UV zračenja, a najefikasnije fizičke mere zaštite voća od propadanja u skladištu su čuvanje u uslovima niske temperature, niske relativne vlažnosti i u modifikovanoj ili kontrolisanoj atmosferi sa smanjenom koncentracijom kiseonika i povećanom koncentracijom ugljendioksida (Kader, 2002).

Navedene mere omogućavaju određeni nivo zaštite voća od bolesti posle berbe, ali je najbolji pristup u sprečavanju pojave bolesti njihova zajednička primena. U zaštiti biljaka od bilo koje bolesti ne možemo se osloniti na jednu ili dve mere, već moramo uzeti u obzir čitav spektar strategija kako bismo smanjili gubitke. To je razlog što je primena integralnih mera zaštite najbolji pristup i u zaštiti voća od bolesti i propadanja posle berbe.

Literatura

- Amiri, A., & Bompeix, G. 2005. Diversity and population dynamics of *Penicillium* spp. on apples in pre- and postharvest environments: consequences for decay development. *Plant Pathology*, 54, 74-81.
- Barkai-Golan, R. 2001). *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables: Development and Control*. Amsterdam, NL: Elsevier Science.
- Bautista-Baños, S., Bosquez-Molina, E., & Barrera-Necha, L.L. 2014. *Rhizopus stolonifer* (Soft rot). In S. Bautista-Baños (Ed.), *Postharvest Decay: Control Strategies*, pp. 1-44. San Diego, CA, USA: Elsevier Academic Press.
- Byrde, R.J.W., & Willetts, H.J. 1977. *The Brown Rot Fungi of Fruit. Their Biology and Control*. Oxford, UK: Pergamon Press.

- Dean, R., Van Kan, J.A., Pretorius, Z.A., Hammond-Kosack, K.E., Di Pietro, A., Spanu, P.D., Rudd, J.J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G.D. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13, 414-430.
- Farr, D.F. & Rossman, A.Y. 2021. Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (4. juli 2021. godine).
- Frisvad, C. J., & Samson, A. R. 2004. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: A guide to identification of food and air borne terverticillate Penicillia and their mycotoxins. *Studies in Mycology* 49, 1-174.
- Garcia-Benitez, C., Melgarejo, P., De Cal, A., & Fontaniella, B. 2016. Microscopic analyses of latent and visible *Monilinia fructicola* infections in nectarines. *PLoS ONE* 11(8), e0160675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160675>
- Hrustić, J., Tanović, B., Mihajlović, M., Delibašić, G., Stanković, I., Krstić, B., & Bulajić, A. 2013. First report of brown rot caused by *Monilinia fructicola* on nectarine in Serbia. *Plant Disease*, 97, 147.
- Janisiewicz, W. 2010. Quo vadis of Biological Control of Postharvest Diseases. In: *Post-Harvest Pathology*. Ed. by Prusky, D., Ludovica Gullino, M. Springer Dordrecht Heilderberg London New York. pp. 137-149.
- Kader, A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops. Third Edition*, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Maas, J.L. 1998. *Compendium of Strawberry Diseases* (2nd ed). St. Paul, MN, USA: APS Press.
- Michailides, T.J., & Spotts, R.A. 1990. Postharvest diseases of pome and stone fruits caused by *Mucor piriformis* in the Pacific Northwest and California. *Plant Disease*, 74, 537-543.
- Mitcham, E.J., & Mitchell, F.G. 2002. Postharvest handling systems: Small fruits. Strawberry and cane berries. In A.A. Kader (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, pp. 364-370. Oakland, CA, USA: Regents of the University of California.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage* (3rd ed). New York, NY, USA: Springer.
- Prusky, D. 1996. Pathogen quiescence in postharvest diseases. *Annual Review of Phytopathology*, 34, 413-434.
- Ristić, D., Stevanović, M., Stošić, S., Vučurović, I., Gašić, K., Gavrilović, V. & Živković, S. 2016. *Diaporthe eres* as a pathogen of quince fruit (*Cidonia oblonga*) in Serbia. VII International Scientific Agricultural Symposium “Agrosym 2016”, Jahorina, BIH, pp. 1270-1275.
- Romanazzi, G., & Feliziani, E. 2014. *Botrytis cinerea* (gray mold). In S. Bautista-Baños (Ed.), *Postharvest Decay: Control Strategies*, pp. 131-146. San Diego, CA, USA: Elsevier Academic Press.
- Saito, S., Michailides, T.J., & Xiao, C.L. 2016. Mucor rot - an emerging postharvest disease of mandarin fruit caused by *Mucor piriformis* and other *Mucor* spp. in California. *Plant Disease*, 100, 1054-1063.
- Sakalidis, M.L., Medina-Mora, C.M., Shin, K., & Fulbright, D.W. 2021. Characterization of *Diaporthe* spp. associated with spruce decline on Colorado blue spruce in Michigan. *Phytopathology*, 111:509-520.

- Sholberg P.L. 2004. Bin and storage room sanitation. Proceedings of the Washington Tree Fruit Postharvest Conference, 8. Decembar 2004, Yakima, WA
- Sholberg, P.L., & Conway, W.S. 2016. Postharvest Pathology. In: *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks; Agricultural Handbook* 66, www.ba.ars.usda.gov/hb66.
- Slippers, B. & Wingfield, M.J. 2007. The Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biology Reviews*, 21: 90-106.
- Slippers, B., Crous, P.W., Jami, F., Groenewald, J.Z., & Wingfield, M.J. 2017. Diversity in the Botryosphaerales: Looking back, looking forward. *Fungal Biology*, 121:307-321.
- Spotts, R.A., Cervantes L.A., Facteau T.J., & Chand-Goyal, T. 1998. Control of brown rot and blue mold of sweet cherry with preharvest iprodione, postharvest *Cryptococcus infirmo-miniatus*, and modified packaging. *Plant Disease*, 82:1158-1160.
- Snowdon, A.L. 1990. *A Color Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Somma, S., Perrone, G., & Logrieco, A.F. 2012. Diversity of black Aspergilli and mycotoxin risks in grape, wine and dried fruits. *Phytopathologia Mediterranea*, 51, 131-147.
- Stojanović, S., Živković, S., Gavrilović, V., Starović, M., Aleksić, G., & Pavlović, S. 2003. *Botryosphaeria obtusa* cause of apple fruit rot in Serbia. *Plant Protection*, 54:19-31.
- Teixido, N., Usall, J., Nunes, C., Torres, R., Abadias, M., & Vitas, I. 2010. Preharvest Strategies to control Postharvest Diseases of Fruit. In: *Post-Harvest Pathology* ed. Prusky, D. and Ludovica Gullino, M. Springer Dordrecht Heilderberg London New York. pp. 89-107.
- Troncoso-Rojas, R., & Tiznado-Hernández, M.E. 2014. *Alternaria alternata* (black rot, black spot). In S. Bautista-Baños (Ed.), *Postharvest Decay: Control Strategies*, pp. 147-187. San Diego, CA, USA: Elsevier Academic Press.
- Vasić, M., Duduk, N., Ivanović, M. M., Obradović, A., & Ivanović, M. S. 2012. First report of brown rot caused by *Monilinia fructicola* on stored apple in Serbia. *Plant Disease*, 96, 456.
- Vasić, M., Duduk, N., Vico, I., & Ivanović M. 2013. First Report of *Botryosphaeria dothidea* causing white rot of apple fruit in Serbia. *Plant Disease*, 97:1659.
- Vico, I., Duduk, N., Vasić, M., & Nikolić, M. 2014. Identifikacija *Penicillium expansum* prouzrokovala truleži plodova jabuke u skladištu. *Pesticidi i fitomedicina*, 29, 257-266.
- Vico, I., Gaskins, V., Duduk, N., Vasić, M., Yu, J.J., Peter, K.A., & Jurick, W.M. 2014a. First report of *Penicillium crustosum* causing blue mold on stored apple fruit in Serbia. *Plant Disease*, 98, 1430.
- Vico, I., Žebeljan, A., Vučković, N., Vasić, M., & Duduk, N. 2017. First report of *Diplodia seriata* causing postharvest rot of quince fruit in Serbia. *Plant Disease*, 101:1823.
- Vico, I., & Duduk, N. 2020. *Postžetvena patologija*. Beograd, RS: Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet.
- Vučković, N., Vico, I., Duduk, B., & Duduk, N. 2022. Diversity of Botryosphaeriaceae and *Diaporthe* species associated with postharvest apple fruit decay in Serbia. *Phytopathology*, 112(4), 929-943.
- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P., & van Kan, J.A.L. 2007. *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8, 561-580.

- Žebeljan A, Duduk N, Vučković N, Jurick WM II, & Vico I. 2021. Incidence, speciation, and morpho-genetic diversity of *Penicillium* spp. causing blue mold of stored pome fruits in Serbia. *Journal of Fungi* 7(12): 1019.
- Zlatković, M., Keča, N., Wingfield, M., Jami, F., & Slippers, B. 2016. *Botryosphaeriaceae* associated with the die-back of ornamental trees in the Western Balkans. Antonie Van Leeuwenhoek *Journal Microbiology* 109:543-564.
- Zlatković, M., Keča, N., Wingfield, M.J., Jami, F., & Slippers, B. 2017. New and unexpected host associations for *Diplodia sapinea* in the Western Balkans. *Forest Pathology* 47: e12328.

POSTHARVEST DISEASES OF FRUIT

Ivana Vico, Nina Vučković, Nataša Duduk

*University of Belgrade – Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade
vico@agrif.bg.ac.rs*

Summary

Fruit diseases caused by plant pathogens are responsible for significant economic losses because they lead to fruit decay during storage, transport and sale. In order for a fruit disease to occur after harvest, three conditions are necessary: an infectious parasite, a sensitive host plant, and environment factors that are favorable for infection and development of the disease. After harvest, most fruits become more sensitive to pathogens and during storage they become more susceptible to decay, which is most often caused by phytopathogenic fungi, and less often by bacteria. These opportunistic pathogens, which are characterized by the production of a large amount of pectolytic enzymes, lead to the appearance of rot and decay. Some of the most important fruit diseases after harvest are gray mold (caused by *Botrytis cinerea*), blue mold (caused by *Penicillium* spp.), brown rot (caused by *Monilinia* spp.), soft rot (caused by *Mucor* spp. and *Rhizopus* spp.), Alternaria rot (caused by *Alternaria* spp.), anthracnose (caused by *Colletotrichum* spp.), as well as rot caused by the species of the genus *Fusarium*, and of the families Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae. Diseases that manifest after harvest can develop as a result of latent infections during the growing season, and they can also be a result of infections during and/or after harvest. Therefore, in order to protect fruit against postharvest diseases and to reduce losses, it is necessary to apply control measures before the infection occurs, that is, during the growing season and during and after harvest.

Key words: grey mold, blue mold, brown rot, anthracnose, control measures.

Predavanje po pozivu

UPRAVLJANJE ETILENOM U HLADNJAČI PRIMENOM SMARTFRESH PROTABS I HARVISTE U VOĆNJAKU

Slaviša Šestić¹, Andrea Cucchi², Hélène Mattioda², Alessandro Ceccarelli²,
Eve Dupille², Marek Grzeda², Andreas Riehle²

¹ Glory Fruit Dream Consult, Kolubarska 13, 15353 Majur-Šabac, Srbija

² AgroFresh R&D Department, Via di Vittorio, 18, 40013 Castel Maggiore,
Bologna, Italy

E-mail: slavisa@gloryfruit.rs

Izvod. Upravljanje etilenom, tokom skladištenja jabuke i kruške, je neophodno u cilju očuvanja kvaliteta. Ključna tehnologija koja je omogućila adekvatno upravljanje etilena etilenom je 1-MCP (1-metilciklopopen) odnosno SmartFresh Sistem Kvaliteta. Tretman na ubranim plodovima se vrši najkasnije sedmog dana od početka punjenja komore. S obzirom na promenu klime koja otežava berbu u optimalnim parametrima i nedostatak berača, ukazala se potreba za odlaganjem berbe i to usporavanjem sazrevanja. Kao adekvatno rešenje pojavila se HARVISTA (1-MCP). Tretman u voćnjaku se sprovodi od 14 do 3 dana pred uobičajeni momenat berbe određene sorte. Kada Harvista 1.3 SC dođe u kontakt sa vodom, oslobađa se aktivna supstanca 1-MCP (gasovita faza). Zbog toga se Harvista ne sme mešati u rezervoaru atomizera kao uobičajeno sredstvo za zaštitu bilja, jer bi se aktivna materija izgubila. Da bi se osiguralo da će aktivna materija biti naneta na plodove, na atomizer mora biti instaliran uređaj za direktno ubrizgavanje. Radi što boljeg sagledavanja efekata primene Harviste u voćnjaku, postavljeni su ogledi tokom poslednje vegetacije u više zemalja EU i u Srbiji. Potvrđeno je da Harvista dovodi do odlaganja razgradnje skroba, održava čvrstinu, omogućava postizanje intenzivnije dopunske i očuvanje osnovne boje ploda. Značajno smanjuje procenat opalih plodova, minimizira poremećaje i oštećenja ploda usled prezrelosti kao što su pucanje, masnoća, otisci tokom berbe kroz očuvanu čvrstinu. Ogled koji je rađen u Srbiji potvrdio je da su plodovi kruške viljamovke na kojima je rađena kombinovana primena Harviste u voćnjaku (14 i 7 dana pred berbu) i SmartFresh-a u hladnjači imali veću čvrstinu za oko 1 kg/0,5 cm² u odnosu na kontrolne plodove koji su tretirani samo u hladnjači. Takođe, plodovi su bili krupniji što je doprinelo povećanju prinosa. Tehnologija Harviste omogućava da plodovi više vremena ostanu na drvetu. Oprema za nanošenje je presudna za pozitivan rezultat, uz praćenje parametara zrelosti voća i vremenskih prilika.

Ključne reči: etilen, Harvista, kvalitet, berba, jabuka, kruška.

Uvod

Savremena voćarska proizvodnja u ovom momentu se ne može zamisliti bez značajnih investicija, najpre direktno u plantažu, a nakon toga i u adekvatne skladišne kapacitete. Ukoliko je reč o modernoj proizvodnji jabučastog voća, jabuke

i kruške, moraju se uzeti u obzir svi parametri prilikom planiranja profitabilne proizvodnje. Treba sagledati sve poznate faktore koji mogu direktno i indirektno uticati na ekonomičnost proizvodnje, odnosno minimizovati rizike u cilju ostvarenja što većeg profita. Treba krenuti najpre od rejona proizvodnje, ekspozicije terena, tipa zemljišta, dostupnosti vode za navodnjavanje u kvalitativnom i kvantitativnom smislu, raspoloživosti radne snage za pravovremeno izvršenje svih radnih operacija, a naročito berbe.

Kada se u proizvodnom segmentu sve postavi na svoje mesto, dolazi na red i izgradnja savremenih skladišnih kapaciteta sa opremom koja će moći da odgovori zahtevima tržišta u smislu kvaliteta, količina i kontinuiteta isporuka. Na samom početku planiranja treba uzeti u obzir prostor za sortirnicu, pakirnicu i dovoljno veliko skladište različitih vrsta ambalaže.

Kada celokupna definisana investicija izgleda upotpunjeno i završeno, shvati se da je proizvodnja jabuke i kruške zapravo vrlo dinamična oblast sa aspekta neophodnih unapređenja. Uvođenjem novih sorti, obojenih klonova, novih podloga, povećanjem broja sadnica po hektaru, primenom nove mehanizacije, implementacijom standarda kvaliteta otvaraju se nova tržišta sa svojim specifičnim zahtevima koja samim. Na te zahteve može se odgovoriti samo inoviranjem u nove tehnologije kako u voćnjaku tako i u hladnjači.

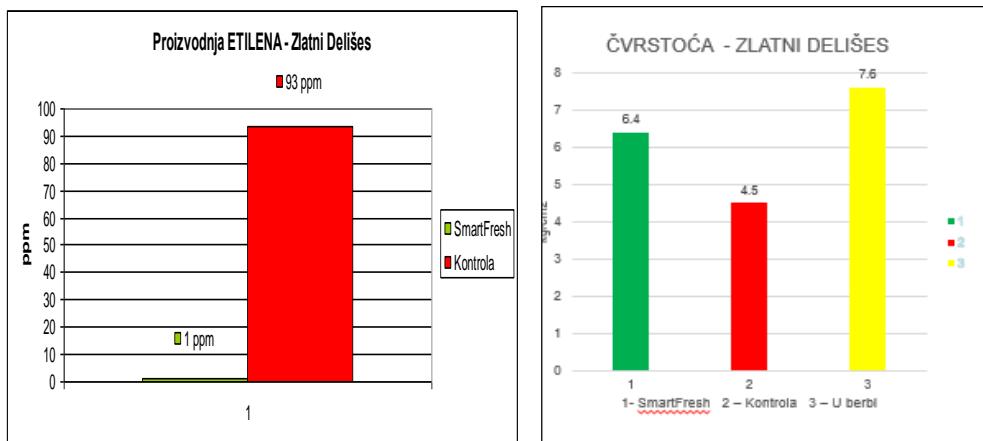
U tom kontekstu, iako je zasad jabuke ili kruške podignut po najvišim standardima, u jednom momentu javila se potreba za primenom biljnih regulatora – fitohormona u cilju što bolje oplodnje, proređivanja, dobijanja adekvatne krupnoće plodova, balansiranja rasta i rodnosti same voćke, smanjenja bujnosti itd. Istovremeno, ukazala se potreba i mogućnost da se najnovija naučna dostignuća iz oblasti fiziologije biljaka primene i u skladišnim kapacitetima, bez obzira da li se radi o najsavremenijim objektima sa ULO (Ultra Low Oxygen) opremom ili DCA (dinamička kontrolisana atmosfera) ili o objektima sa normalnom atmosferom (NA) u kojima se regulišu samo temperatura čuvanja plodova i vlažnost vazduha u skladišnim komorama.

Nakon primene fitohormona u proizvodnji jabuke, prirodan sled stvari je bio i da se u hladnjačama prvo primeni regulator rasta na jabuci. Već više od dvadeset godina u zvaničnoj upotrebi je SmartFresh tehnologija američke kompanije AgroFresh. Pravilnom primenom obezbeđuje očuvanje kvaliteta tek ubrane jabuke sve do krajnjeg potrošača, bez obzira da li se radi o lokalnom potrošaču ili potrošaču do kog će jabuka stići kamionom za sedam dana ili pak brodom u kontejneru za mesec i više dana. SmartFresh tehnologija podrazumeva primenu biljnog regulatora SmartFresh ProTabs na bazi 1-metilclopropena u pravom momentu i na pravi način shodno zvaničnim preporukama firme AgroFresh, vlasnika same tehnologije i proizvoda.

Kako jabuka, tako i kruška tokom svog sazrevanja proizvodi prirodni biljni hormon etilen koji zapravo deluje na plodove kao katalizator sazrevanja, odnosno ubrzava sazrevanje i skraćuje vreme čuvanja. Takođe, ukoliko se u blizini svežih, tek ubranih plodova kruške nalazi kruška koja je već ranije ubrana ili neko drugo voće,

ili pak povrće koje u značajnoj meri već proizvodi etilen automatski će biti skraćen period čuvanja i prodaje tek ubrane kruške. I period izloženosti etilenu utiče direktno na krajnji ishod. Etilen je gas koji deluje i kad je prisutan u tragovima, stimulišući i regulišući različite procese tokom života biljaka, kao što su: zrenje plodova, otvaranje cvetova, opadanje listova (Magazin i dr.,2017).

Etilen nije samo katalizator zrenja plodova, već direktno utiče i na učestalost pojave skladišnih bolesti, naročito kod osetljivih sorti na skald. SmartFresh ProTabs deluje kao inhibitor receptora etilena koji se nalaze u pokožici ploda. Mnoge fiziološke promene plodova pozrukovane staranjem plodova i uticajem etilena, kao što su posmeđivanje pokožice i semene kućice plodova, mogu se sprečiti sa 1-MCP (Lafer i Zanella, 2004). Kada se primeni u prvih pet do sedam dana od početka berbe i kada se berba izvrši u okviru preporučenih parametara zrelosti za svaku sortu, obezbeđuje se potpuno zasićenje receptora etilena bez bojazni od kompeticije sa prirodnim etilenom pre i tokom primene tehnologije. Kada je reč o čuvanja plodova kruške u hladnjачama, bez obzira da li se radi o ULO komorama ili NA objektima, obezbeđeno je produženje čuvanja u samoj komori, ali već prekidanjem hladnog lanca, prirodno kreće nastavak zrenja podstaknut spoljnom temperaturom i prisustvom kiseonika. Upravo tu nastupa SmartFresh ProTabs tehnologija koja se primenjuje nakon punjenja komore odmah po berbi. Na ovaj način je obezbeđeno „mirovanje”, plodova četiri do šest nedelja od prekidanja hladnog lanca. Što znači da tretirani plodovi ostaju nepromenjeni ili minimalno „pokrenuti” sve vreme tokom sortiranja, pakovanja, utovara, transporta do luke, utovara na brod, kontejnerskog transporta brodom, veleprodaje, maloprodaje, pa i u činiji kod krajnjeg kupca (Grafikon 1). Da bi sve besprekorno funkcionalo potrebno je sve uraditi u propisanim parametrima i shodno tehničko – tehnološkim zahtevima. Međutim, ukoliko se suprotno preporukama proizvođača, 1-MCP primeni u prisustvu povišenog nivoa etilena u dатој komori ili samoj hladnjaci usled prisustva već prezrele jabuke efekti će biti upitni (Watkins, 2008).



Grafikon 1. Proizvodnja etilena i čvrstoća plodova zlatnog delišesa nakon 7 dana shelf life

Određene modifikacije u primeni su uvek prisutne usled variranja klimatskih uslova iz sezone u sezonom. SmartFresh Protabs se primenjuje na svim sortama i klonovima izuzev na sorti Breburn zbog njenog već usporenog čelijskog disanja i mogućeg unutrašnjeg potamnjena mezokarpa.

Što se tiče primene SmartFresh Protabs na krušci, iskusni proizvođači kruške, veletrgovci i prodavci na malo dobro znaju da kruška zapravo nakon berbe ili kada se iznese iz hladnjače ne može baš dugo da se čuva na ambijentalnoj temperaturi, naročito tokom letnjih i jesenjih meseci. SmartFresh™ ProTabs Sistem Kvaliteta tokom skladištenja uspešno se primenjuje na sortama *santa marija*, *karmen*, *viljamovka*, *abate fetel* i dr. SmartFresh™ ProTabs deluje usporavajući metabolizam voća i razgradnju hlorofila, a zahvaljujući kontroli ova dva fiziološka mehanizma, kruške će zadržati zelenu boju pokožice, svež i sjajan izgled, čvrstoću, hrskavost, te će im produžiti i vreme čuvanja u hladnjači, ali i nakon iskladištenja tzv. "shelf life" (doslovni prevod – trajanje ili život na polici). SmartFresh™ ProTabs u skladu sa tehničkim preporukama za primenu omogućava čuvanje uvek na pozitivnim temperaturama uz dodatne koristi kao što su: smanjenje osetljivosti pri prekidanju hladnog lanca, smanjenje gubitka težine –kala, smanjenje štete od rukovanja pri pakovanju i transportovanju proizvoda, kao i uštedu energije.

Da bi se postigli najbolji rezultati, važno je uzeti u obzir mnoge faktore koji utiču na kvalitet voća na kraju skladištenja. Među njima možemo spomenuti nivo zrelosti voća u berbi, temperaturu skladištenja i upravljanje CO₂, osetljivost na više temperature i različita rukovanja. Kod kruške je najvažnije napraviti balans između toga da plod treba što duže sačuvati i prodati u cenovno najpovoljnijem momentu sa jedne strane, a sa druge obezbediti da ona još dozri da bi bila jestiva, a pri tom imati u vidu zahteve kupca kakvu krušku želi, da li sa zelenijom ili žućkastom pokožicom. Zato je važno uklopiti sve parametre pri berbi sa parametrima u hladnjači, naročito u kontrolisanoj atmosferi nakon primene SmartFresh ProTabs, a imajući u vidu krajnji cilj. S obzirom na promenu klime koja otežava berbu u optimalnim parametrima i opšti nedostatak kvalitetnih berača, ukazala se potreba za odlaganjem berbe i to usporavanjem sazrevanja u cilju očuvanja kvaliteta ploda, ali i sprečavanja pojave mikoza tokom skladištenja, jer mnoge skladišne bolesti, kao što je *Neofabraea* ssp. mogu se minimizirati kroz usporavanje sazrevanja tretmanima sa 1-MCP (Lafer i Zanella, 2004). Kao adekvatno rešenje pojavila se HARVISTA (1-MCP).

Materijal i metod

Na primeru ULO komore broj 12 ("Frueko", Kukujevci) u kojoj je rađen tretman na sorti kruške *viljamovka* prikazani su efekti primene. Berba je izvršena u optimalnim parametrima čvrstoće od 8,2 do 7,8 kg/cm² (manji klip penetrometra) i pri sadržaju rastvorljive suve materije od 11° Brix. U principu, jedno – skrobni test se ne vrši kod kruške, ali smo ga ipak uradili da bismo imali na raspolaganju jedan parametar više za praćenje, a sve u cilju dobijanja što boljih efekata, kao i analize različitih uticaja na njih. Komora je napunjena u okviru propisanih 5 dana i plodovi

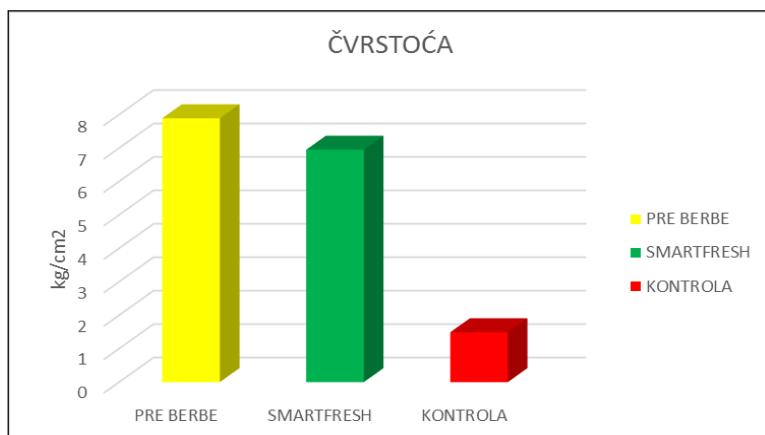
su brzo ohlađeni. U mrežaste vreće su uzeti uzorci plodova na kojima će biti primenjen SmartFresh™ ProTabs, kao i kontrolni plodovi koji će tokom tretmana biti u susednoj komori na istoj temperaturi kao i u komori 12.

Tretman SmartFresh™ ProTabs (SF) je izvršen 11. avgusta i trajao je 24 sata, nakon čega je komora otvorena i provetrena shodno preporukama. Potom su SF uzorci i Kontrolni plodovi čuvani u prostoriji na ambijentalnoj temperaturi od 18-22° C tokom sedam dana u potpuno identičnim uslovima. Po isteku “shelf life” od 7 dana izvršena je provera čvrstoće oba uzorka penetrometrom (Turroni F337) na stalku što je obezbedilo ujednačen pritisak. Takođe, izmeren je nivo proizvodnje etilena uredajem ICA56 oba uzorka koji su ostavljeni u hermetički zatvorenim posudama zapremine 3.7litara tokom 24 sata, a fotografisanje promene boje pokožice je vršeno tokom narednih mesec dana i to jednom sedmično.

Tretman 1-MCP u voćnjaku se sprovodi od 14 do 3 dana pred uobičajeni momenat berbe određene sorte. Kada Harvista 1.3 SC dođe u kontakt sa vodom, oslobađa se aktivna supstanca 1-MCP (gasovita faza). Zbog toga se Harvista ne sme mešati u rezervoaru atomizera kao uobičajeno sredstvo za zaštitu bilja, jer bi se aktivna materija izgubila. Da bi se osiguralo da će aktivna materija biti naneta na plodove, na atomizer mora biti instaliran uredaj za direktno ubrizgavanje. Harvista je često aplicirana linijskim injektor sistemom, a u SAD i helikopterom (Vriendts, 2012). Radi što boljeg sagledavanja efekata primene Harviste u voćnjaku, postavljen je veći broj ogleda tokom poslednjih vegetacija u više zemalja EU i u Srbiji.

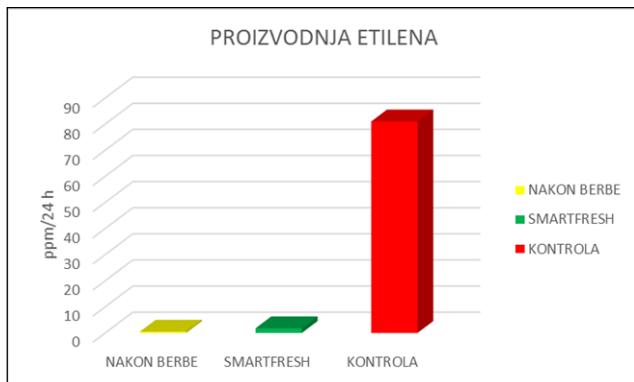
Rezultati i diskusija

Merenjem se došlo do sledećih rezultata. Čvrstoća SF uzorka iznosila je 6,95 kg/cm², a kontrolnog uzorka 1,49 kg/cm² (Grafikon 2).



Grafikon 2. Čvrstoća plodova *viljamovke* u tretmanu SmartFresh™ ProTabs i kontrolnom uzorku nakon 7 dana shelf life

Proizvodnja etilena SF uzorka iznosila je 0,8 ppm etilena za 24 sata, a kontrolnog uzorka 79,0 ppm etilena za 24 sata (Grafikon 3).



Grafikon 3. Proizvodnja etilena plodova viljamovke iz SmartFresh™ ProTabs i kontrolnog uzorka nakon 7 dana shelf life

Boja pokožice. SF uzorak je zadržao potpuno zelenu, dok je kontrolni uzorak poprimio žutu boju pokožice. Uporedne sedmične promene boje pokožice i plodova se mogu jasno videti na slici broj 1.

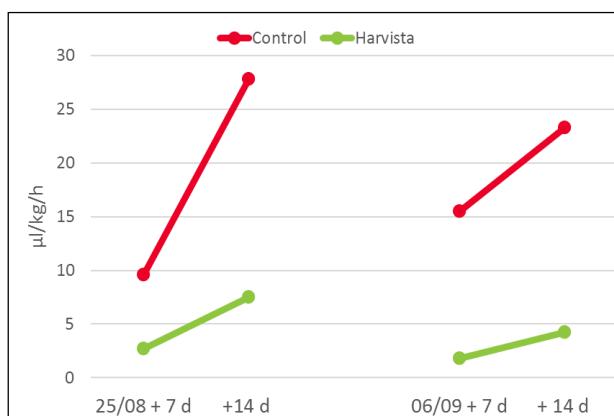


Slika 1. Izgled plodova *vilijamovke* (SFPT i Kontrola) nakon 7 (a), 14 (b), 21 (c) i 28 (d) dana “shelf life” na sobnoj temperaturi

Na kraju, analizirajući sve dobijene vrednosti merenja i daljih praćenja uzoraka na sedmičnom nivou, došlo se do zaključka da primena SmartFresh™ ProTabs direktno značajno doprinosi očuvanju čvrstoće plodova sorte kruške *viljamovka*, a indirektno samim tim anulira pojavu trulih plodova. Gubitak čvrstoće mezokarpa ploda je posledica razgradnje nerastvorljivog protopektina u rastvorljivi pektin ili hidrolize skroba (Mattoo et al., 1975). Takođe, smanjuje značajno proizvodnju etilena kao katalizatora daljeg sazrevanja i evidentno usporava promenu boje pokožice iz zelene u žutu. Pri tome treba naglasiti činjenicu da SmartFresh Protabs ne ostavlja nikakve residue u plodu, odnosno 1-metil ciklopropen se odmah po okončanju same primene razgradi u potpunosti na CO₂ i H₂O.

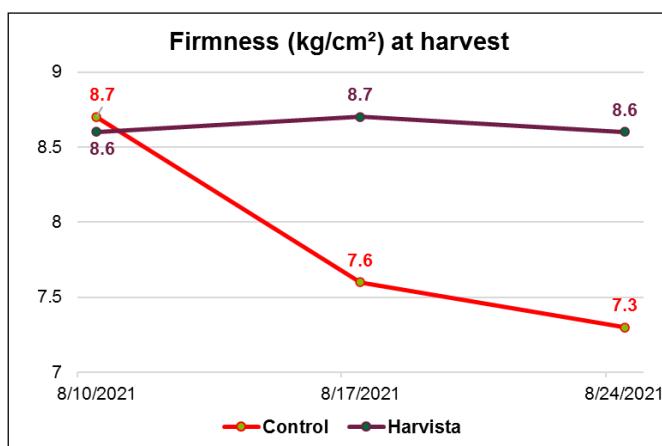
Sve navedeno ukazuje da se na ovaj način može produžiti vreme čuvanja i odložiti prodaja do najpovoljnijeg cenovnog momenta, a pri čemu će kvalitet ostati očuvan i nakon prekidanja hladnog lanca što će uticati direktno na zadovoljstvo potrošača i buduću tražnju. S tim da treba imati u vidu da je kruška ipak drugačija i “teža” za čuvanje od jabuke, pa se tehnologija skladištenja i rukovanja može razlikovati od parcele do parcele.

Kao adekvatno rešenje pojavila se HARVISTA (1-MCP). Prvi ogled je izведен u voćnjaku u Francuskoj na jabuci sorta Gala u cilju utvrđivanja dejstva Harviste odnosno 1MCP na proizvodnju etilena od strane plodova na kojima je primenjen preparat i kontrolnih plodova koji nisu tretirani Harvistom. Na grafikonu 4. se jasno mogu videti efekti primene. Harvista je primenjena 11. avgusta 2021. godine na stablima u voćnjaku, a na kontrolnim stablima je naravno izostavljen tretman. Kao što je protokolom ogleda bilo i predviđeno izvršene su dve berbe. Prva berba uzoraka je izvršena je tačno dve nedelje nakon primene 1-MCP, odnosno 25.avgusta, a druga 6. septembra ili dvadeset pet dana nakon tretmana. Plodovi su potom držani na sobnoj temperaturi u laboratoriji. Na obe grupe plodova su nakon sedam i četrnaest dana od momenta berbe (shelf life) izvršena merenja proizvodnje etilena, pri čemu su utvrđene značajno veće količine etilena proizvedene od strane kontrolnih plodova u oba termina berbe, kao i u nakon oba perioda shelf life.



Grafikon 4. Proizvodnja etilena plodova sorte Gala nakon shelf life (μl/kg/h)

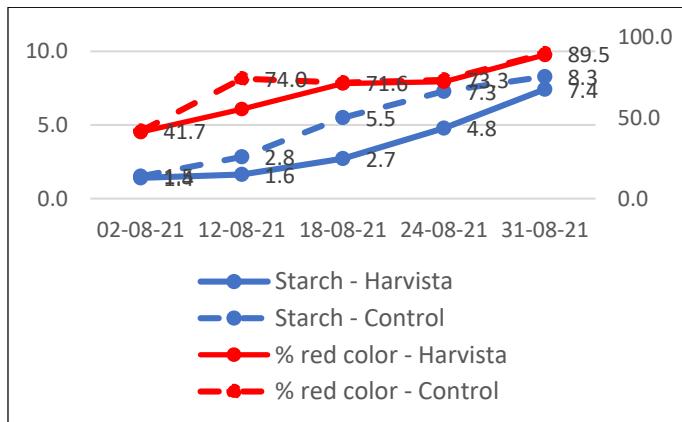
Drugi ogled postavljen je takođe 2021. godine tokom avgusta na jabuci, sorta Gala u Portugaliji. Cilj ogleda bio je da se utvrdi dinamika degradacije skroba u plodu i direktni uticaj na čvrstoću mezokarpa nakon primene Harviste, jer ipak je čvrstina jedan od dominantnih faktora koja opredeljuje potrošače za kupovinu plodova jabuke (Harker et al., 2002). Tretman Harvistom je izvršen u zasadu jabuke na stablima sorte Gala 6. avgusta. Nakon dva dana izvršena je provera čvrstoće tretiranih i kontrolnih plodova pri čemu nije ustanovljena značajna razlika. Prilikom drugog upoređivanja, nakon jedanaest dana od izvršenog tretmana 1-MCP merenjem čvrstoće penetrometrom utvrđena je značajna razlika i to od $1,1 \text{ kg/cm}^2$ u korist tretiranih plodova. Tokom narednih sedam dana čvrstoća tretiranih plodova je opala za dodatnih $0,1 \text{ kg/cm}^2$, dok je kod kontrole opala za dodatnih $0,3 \text{ kg/cm}^2$, ali se svakako značajna razlika zadržala do kraja posmatranog perioda, odnosno 24. avgusta iznosila je $1,3 \text{ kg/cm}^2$ (Grafikon 5).



Grafikon 5. Čvrstoća plodova sorte Gala (kg/cm^2)

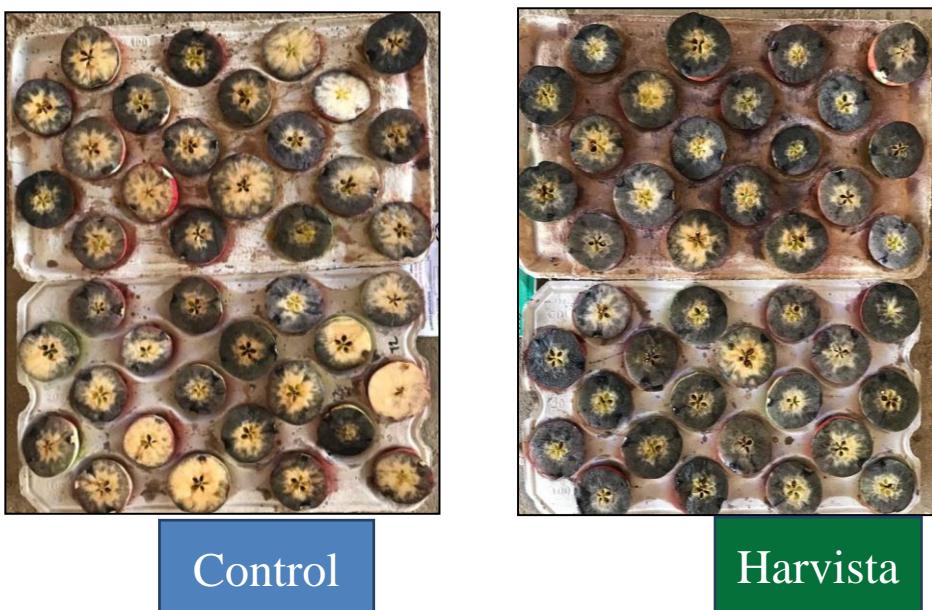
Pored direktnog efekta na čvrstoću ploda i na odlaganje razgradnje skroba za pet do dvanaest dana uočen je i efekat primene Harviste, na očuvanje osnovne boje pokožice ploda na stablima.

Treći ogled koji je takođe postavljen u Francuskoj na sorti Gala imao je za cilj da pruži dodatne informacije o intenzitetu razgradnje skroba u plodu nakon primene Harviste, a istovremeno i mogućnosti dobijanja dopunske boje pokožice ploda tokom dužeg ostanka tretiranih plodova na stablu. Tretman je izvršen 3. avgusta i već tokom prvih sedam dana uočena je razlika u intenzitetu degradacije skroba. Jedno skrobnim testom utvrđen je kod kontrolnih plodova index 2.8, dok se kod tretiranih plodova index blago pomerio na 1.6 od početnih 1.4 do 1.5 u momentu tretmana. Nakon dve nedelje od tretmana razgradnja skroba se odvijala u oba uzorka s tim što je kod kontrolnih plodova bila intenzivnija i razlika je 18. avgusta iznosila 2.8 (Grafikon 6).



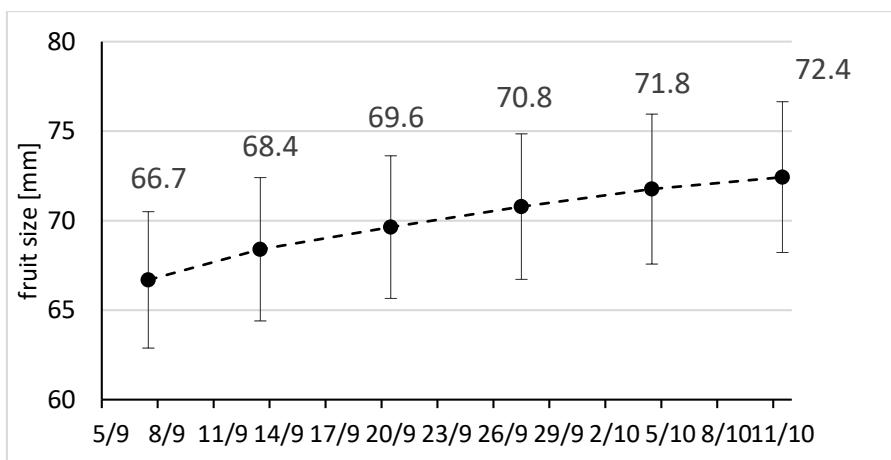
Grafikon 6. Razgradnja skroba i dobijanje dopunske boje plodova sorte Gala

Tokom treće sedmice razlika se blago smanjivala na 2.5, da bi se nakon četiri sedmice index Harvista plodova zadržao na 7.4, a skrobni index kontrolnih plodova je u tom momentu dostizao 8.3. Takođe, obojenje kontrolnih plodova bilo je intenzivnije tokom prvih sedam do deset dana, da bi se kod Harvista plodova intenziviralo i dostiglo isti nivo obojenosti nakon dve sedmice, povećavajući se i dalje, ali uz očuvanje čvrstoće ploda i usporenju razgradnju skroba što se može jasno videti na slici broj 2.



Slika 2. Jodno skrobni test na plodovima tretiranim Harvistom i Kontrola

Četvrti ogled koji je postavljen ovaj put u Nemačkoj imao je za cilj da utvrdi krajnji efekat primene Harviste u voćnjaku na krupnoću ploda sorte Gala. Tretman Harvistom je izvršen 5. septembra. Izmereni prečnik plodova nakon dva dana bio je 66.7 mm. Tokom narednih dvanaest dana, odnosno do 19. septembra kada je i uobičajen termin za berbu Gale posmatrani plodovi su dostigli prečnik od 69.6 mm. Preostali posmatrani plodovi na kojima je primenjena Harvista su nastavili rast uz očuvanje čvrstoće, da bi 10. oktobra prilikom berbe izmerena dostignuta krupnoća ploda od 72.4 mm (grafikon 7). Odlaganjem berbe u trajanju od tri nedelje prosečna krupnoća ploda uvećana je za 2.5 mm što je direktno uticalo i na povećanje prinosa po hektaru uz očuvanje svih ostalih kvalitativnih karakteristika.



Grafikon 7. Razvoj krupnoće ploda nakon primene Harviste na sorti Gala (Nemačka, 2021)

Zaključak

Potvrđene su poznate prednosti primene 1-MCP u hladnjači, ali i da primena Harviste u voćnjaku :

- dovodi do odlaganja razgradnje skroba u plodu
- održava čvrstinu ploda
- omogućava postizanje intenzivnije dopunske i očuvanje osnovne boje ploda.
- značajno povećava krupnoću ploda i smanjuje procenat opalih plodova
- minimizira poremećaje i oštećenja ploda usled prezrelosti kao što su pucanje i masnoća, pojavu otisaka tokom berbe kroz očuvanu čvrstinu, a što kasnije tokom skladištenja, manipulacije i transporta olakšava očuvanje kvaliteta.

- odlaganjem sazrevanja i pomeranjem momenta berbe obezbeđuje se adekvatna organizacija berbe shodno raspoloživosti radne snage, mehanizacije i vremenskih prilika.

Literatura

- Harker, F., Maindonald, J., Murray, S., Gunson, F., Hallett, I., Walker, S. 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: Texture of apple fruit. Postharvest Biology and Technology, 24: 225–239.
- Lafer, G., Zanella, A. 2004. 1-MCP – ein neuer Wirkstoff in der Obstlagerung. Besseres Obst, 9, 4-13.
- Magazin, N., Keserović, Z., Milić, B., Miodragović, M., Tarlanović, J., 2017. Zbornik radova VI savetovanja „Inovacije u voćarstvu“, Beograd.
- Mattoo, A.K., Murata, T., Pantastico, E.B., Chachin, K., Ogata, K., Phan, C.T. 1975. Chemical changes during ripening and senescence. In: Pantastico E.B. (ed.) Post-Harvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Sub-Tropical Fruits and Vegetables. AVI Pub Co Inc, Westport, Connecticut, USA, pp. 103–127.
- Solomos, T., Laties, G.G. 1973. Cellular organization and fruit ripening. Nature, 245, 390–391.
- Vriendt, P. 2012. Harvista. Präsentation im Rahmen des AgroFresh meetings in Paris. Dec. 2012.
- Watkins, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. HortScience, 43 (1): 86-94.

MANAGEMENT OF ETHYLENE IN THE COLDSTORE USING SMARTFRESH PROTABS AND HARVISTA IN THE ORCHARD

Slaviša Šestić¹, Andrea Cucchi², Hélène Mattioda², Alessandro Ceccarelli²,
Eve Dupille², Marek Grzeda², Andreas Riehle²

¹ Glory Fruit Dream Consult, Kolubarska 13, 15353 Majur-Šabac, Srbija

² AgroFresh R&D Department, Via di Vittorio, 18, 40013 Castel Maggiore, Bologna,
Italy

Summary

During the storage of apples and pears, ethylene management is necessary in order to preserve quality. The key technology that has enabled adequate ethylene management is 1-MCP (1-methylcyclopropene) or SmartFresh Quality System. The treatment of harvested fruits is performed no later than the seventh day from the beginning of filling the chamber. Given the change in climate that makes it difficult to harvest in optimal parameters and the lack of quality pickers, there was a need to delay the harvest and slow down the maturation. HARVISTA (1-MCP) has emerged as an adequate solution. The treatment in the orchard is carried out from 14 to 3 days before the usual moment of harvesting a certain variety. When Harvista 1.3 SC comes in contact with water, the active substance 1-MCP (gaseous phase) is released. Therefore, Harvista should not be mixed in the atomizer tank as a normal plant protection product, as the active ingredient would be lost. To ensure that the active ingredient is applied to the fruit, a direct injection device must be installed on the sprayer. In order to better understand the effects of the application of Harvista in the orchard, experiments were set up during the last vegetation in several EU countries and Serbia too. It has been confirmed that Harvista delays the conversion of starch, maintains firmness, enables the achievement of a more intense over color and preserves the ground color of the fruit. Significantly reduces the premature fruit drop, minimizes disturbances and damage to the fruit due to over ripeness such as cracking, greasiness, bruising during the harvest through the preserved firmness. An experiment conducted in Serbia confirmed that the fruits of the Williams pear, on which the combined application of Harvista in the orchard (14 and 7 days before harvest) and SmartFresh in the cold store had a higher firmness by about 1 kg / 0.5 cm² compared to the control fruits which were treated only in the cold store. Also, the fruits were larger, which contributed to the increase in yield. Harvista technology allows the fruit to stay on the tree for a longer time. Application equipment is crucial for a positive result, with monitoring of fruit ripeness parameters and weather conditions.

Key words: ethylene, Harvista, quality, harvest, apple, pear.

UTICAJ PROREĐIVANJA NA KVALITET PLODA TRI SORTE JABUKE NAKON ČUVANJA I SHELF LIFE-A

¹Gordana Barać*, ¹Biserka Milić, ²Žarko Kevrešan, ³Jasna Mastilović, ¹Zoran Keserović, ¹Nenad Magazin, ¹Maja Milović, ¹Jelena Kalajdžić

¹Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8,
21000 Novi Sad

²Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehranbene tehnologije u Novom
Sadu, Bulevar Cara Lazara 1, 21101 Novi Sad

³Institut BioSens, Dr Zorana Dindića 1, 21000 Novi Sad

*e-mail: gordana.barac@polj.uns.ac.rs

Izvod. U radu je prikazan uticaj proređivanja na promene kvaliteta ploda tokom skladištenja i *shelf life-a* kod sorti *majrak*, *fudži* i *gala*. U zavisnosti od intenziteta proređivanja definisana su dva nivoa opterećenja stabala i to niski i visoki. Plodovi su ubrani u vreme komercijalne berbe i čuvani u hladnjači sa normalnom atmosferom (NA) na $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ tokom 60 dana (60+0) i 30 dana čuvanja na sobnoj temperaturi $21\pm2^{\circ}\text{C}$ (*shelf life*, 60+30). Iz svakog tretmana po jedan uzorak je čuvan tokom 30 dana (0+30) na sobnoj temperaturi od $21\pm2^{\circ}\text{C}$. Za sve nivoje opterećenja, kod sorti *majrak* i *fudži* čvrstina ploda je stalno opadala tokom skladištenja i *shel life-a*. Sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) se generalno povećavao tokom skladištenja, dok se sadržaj ukupnih kiselina (UK) uglavnom smanjivao, a veći pad je zabeležen kod plodova čuvanih na sobnoj temperaturi. Među ispitivanim sortama *majrak* je konstantno imao najnižu proizvodnju etilena, sa blagim povećanjem disanja nakon 60 dana u hladnjači. Na proizvodnja etilena i disanje plodova kod sorti *gala* i *fudži* uticaj proređivanja nije postignut. Tokom skladištenja gubitak mase ploda predstavlja čestu pojavu, što dovodi do značajnih ekonomskih gubitaka. Uprkos značajnom smanjenju čvrstine ploda tokom skladištenja i *shel life-a* sorta *gala* je imala najmanji gubitak mase ploda.

Ključne reči: RSM, UK, etilen, respiracija, gubitak mase.

Uvod

Jabuka (*Malus domesetica* B.) je voćna vrsta značajne nutritivne vrednosti što je čini vrlo atraktivnom i popularnom među potrošačima (Wang et al., 2018). Podizanje gustih zasada jabuke podstaknuto je potencijalom ovog načina uzgoja u postizanju visoke produktivnosti i ekonomске dobiti (Wallis et al., 2021). U cilju povećanja prinosa i krupnoće plodova proređivanje predstavlja pomotehničku meru od suštinskog značaja. Kod jabuke, kao i kod većine vrste voćaka, često dolazi do prekomernog cvetanja i zametanja plodova. Međutim, vrste voćaka su razvile prirodne regulatorne mehanizme za odbacivanje prekomernih plodova u različitim

periodima vegetacije (Dennis, 2000). Ipak, ovi samoregulatorni mehanizmi nisu dovoljni da obezbede zadovoljavajući kvalitet zametnutih plodova i potrebno je dodatno proređivanje plodova hemijskim ili mehaničkim putem.

Jabuka je voće koje se odlikuje većim intezitetom disanja plodova nakon berbe što svrstava ovu vrstu u grupu klimakteričnog voća (Recasens et al., 2004). Samim tim, plodovi nakon berbe nastavljaju sa procesom sazrevanja tokom koga dolazi do niza nepovratnih procesa koji utiču na čvrstinu ploda, boju, sadržaj hranljivih materija i na kraju dovode do njegovog starenja i propadanja (Tokala et al., 2020; Sun et al., 2021; Zhang et al., 2022). Svi ovi procesi se odvijaju pod uticajem etilena, glavnog regulatora rasta i hormona zrenja u klimakteričnom voću (Recasens et al., 2004), zbog čega je vrlo važno brzo rashlađivanje plodova nakon berbe jer niska temperatura inhibitorno deluje na njegovu proizvodnju (Lu et al., 2021). Takođe, sa smanjenjem temperature tokom čuvanja usporavaju se svi metabolički procesi u plodovima, tako da brzo rashlađivanje plodova nakon berbe, kao i čuvanje na optimalnim niskim temperaturama može značajno da produži period skladištenja uz očuvanje tržišnog kvaliteta ploda (Stevanović i sar., 2022; Tokala et al., 2022).

Cilj ovoga rada je bio da se ispita uticaj proređivanja sorti jabuke *gala*, *fudži* i *majrak* na kvalitet plodova posle skladištenja i naknadnog čuvanja na sobnoj temperaturi (*shelf life*).

Materijal i metode

Ogled za ispitivanje uticaja proređivanja stabala na kvalitet ploda jabuke nakon skladištenja i *shelf life*-a postavljen je 2016. godine na obroncima Fruške gore, opština Irig, mesto Krušedol (185 m n.v., 45°06'29" SGŠ, 19°56'30" IGD). Ispitivanje je vršeno na sorti *gala*, u zasadu podignutom 2014. godine, i sortama *fudži* i *majrak* u zasadima podignutim 2013. godine. Kod svih sorti korištena je podloga M9, a razmak sadnje je 3,2 x 1,8 m (3.906 stabala/ha).

Nakon junske opadanja plodova urađeno je ručno proređivanje plodova. Kod svih sorti definisana su dva nivoa opterećenja (tretmana): nisko (45 gronja po stablu) i visoko (80 gronja po stablu kod *gale* i 110 gronja po stablu kod *fudžija* i *majraka*). Kod svih sorti eksperiment je rađen na 10 stabala po opterećenju, dok su ne proređena stabla predstavljala kontrolu.

U momentu berbe, za sve sorte, kod svih nivoa opterećenja, uzet je reprezentativni uzorak od 30 kg koji je kasnije podeljen na četiri jednakata poduzorka od 30 plodova. Na prvom poduzorku urađene su pomološke analize istog dana (0+0), drugi poduzorak je čuvan 30 dana u sobnim uslovima na 20 ± 2 °C – *shelf life* (0+30), treći poduzorak 60 dana u hladnjaci sa normalnom atmosferom (NA) na $1 \pm 0,5$ °C (60+0) i četvrti uzorak je čuvan 60 dana u NA hladnjaci i 30 dana u sobnim uslovima na 20 ± 2 °C – *shelf life* (60+30).

Proizvodnja etilena i disanje plodova određeno je na uzorku jabuka od oko 700g (3-4 jabuke) koje su stavljene u staklene posude od 2500 ml na 24 ± 2 °C. U intervalima od 24h posude su hermetički zatvarane na 4h kada je određena

proizvodnja etilena i disanje plodova. Proizvodnja etilena i disanje plodva praćeno je svakodnevno 30 dana nakon berbe (0+*shelf life*-a) i 10-15 dana nakon čuvanja u hladnjaci od 60 dana (60+*shelf life*-a).

Proizvodnja etilena određena je gasnom hromatografijom (GC7890, Agilent, Santa Clara, CA, USA) opremljenim sa FID detektorom (Agilent, Santa Clara, CA, USA), a vrednosti su izražene u $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$.

Disanje plodova određeno je merenjem koncentracije ugljen-dioksida (CO_2) direktno pomoću uređaja OXYBABY® 6.0 (WIT-Gasetechnik GmbH & Co KG T, Germany), a dobijeni rezultati su izraženi kao $\mu\text{l CO}_2/\text{g h}$.

Gubitak mase plodova određen je merenjem mase istih plodova u momentu berbe i nakon 30 dana *shelf life*-a i nakon 60 dana čuvanja u hladnjaci i 10-15 dana *shelf life*-a. Merenja su vršena na tehničkoj vagi, a razlike prikazane u %.

Čvrstina plodova jabuke određena je korišćenjem digitalnog penetrometra (FTA 20, Guss Fruit Tekture Analyzer, Strand, South Africa) sa cilinfričnom sondom od 11 mm i unapred podešenom dubinom prodora od 10 mm. Čvrstina ploda merena je sa dve strane u ekvatorijalnoj oblasti ploda sa koje je predhodno uklonjen deo epidermisa, a dobijeni rezultati zabeleženi su kao sila (N) potrebna za prodiranje u mezokarp ploda.

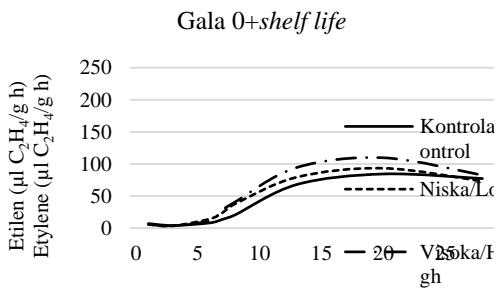
Sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) određen je digitalnim refraktometrom PR-32 α (ATAGO, Cat. No. 3405, Japan) i izražen u stepenima po Brixu ($^{\circ}\text{Brix}$). Sadržaj ukupnih kiselina (UK) određen je digitalnom biretom marke BRAND® Titrette® (Germany), na uzorcima soka jabuke razblaženog destilovanom vodom u odnosu 1:2 i titracijom sa 0,1N NaOH do postizanja pH vrednosti od 8,1 uz fenolftalein kao indicator.

Rezultati i diskusija

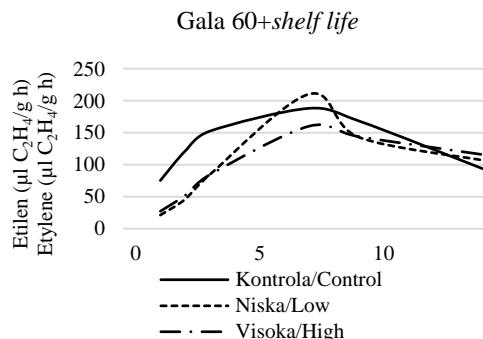
Proizvodnja etilena i disanje plodova

Kod jabuke, kao i kod ostalog klimakteričnog voća, proizvodnja etilena i disanje plodova se povećavaju nakon berbe što u velikoj meri određuje rok trajanja i skladištenje plodova jabuke (Lu et al., 2021). Proizvodnja etilena i disanje plodova kod ispitivanih sorti jabuke praćena su tokom *shelf life*-a nakon berbe i nakon 60 dana čuvanja u NA hladnjaci gde su zabeležene veće razlike između sorti nego između stabala različite opterećenosti (grafikoni 1-12). Međutim, uticaj proređivanja na proizvodnju etilena i disanje plodova kod sorti *gala* i *fudži* nije bio ispoljen ni nakon berbe ni posle 60 dana skladištenja.

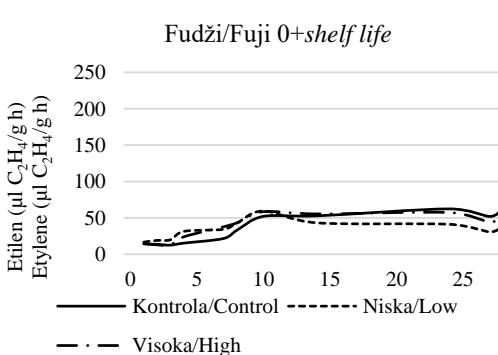
Kod sorte *majrak*, posle berbe, nije bilo razlike u proizvodnji etilena i disanju plodova do 15 dana *shelf life*-a nakon čega su vrednosti postepeno rasle kod uzoraka niske i visoke opterećenosti (grafikoni 5 i 11). Nakon skladištenja, proizvodnje etilena i disanje plodova je bilo znatno povećano kod plodova sa visoko opterećenih stabala, međutim, nakon 10 dana *shelf life*-a vrednosti oba parametra izjednačena su između tretmana (grafikoni 6 i 12).



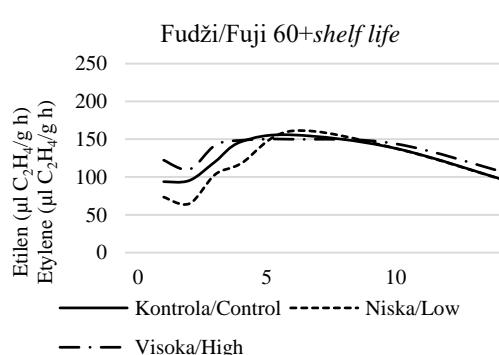
Grafikon 1. Proizvodnja etilena nakon berbe kod sorte *gala* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)
Graph 1. Ethylene production after harvest in *Gala* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)



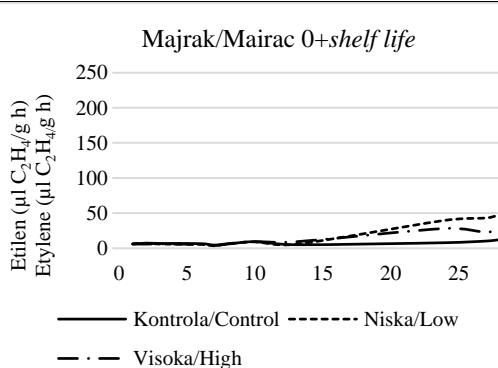
Grafikon 2. Proizvodnja etilena nakon skladištenja kod sorte *gala* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)
Graph 2. Ethylene production after storage in *Gala* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)



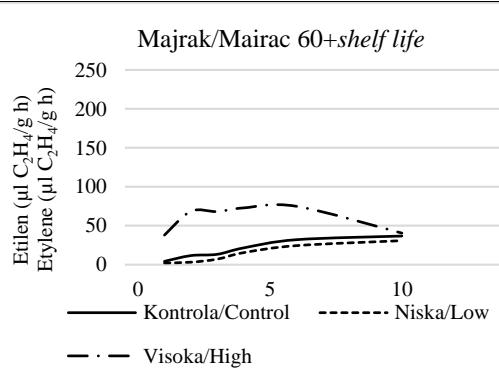
Grafikon 3. Proizvodnja etilena nakon berbe kod sorte *fudži* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)
Graph 3. Ethylene production after harvest in *Fuji* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)



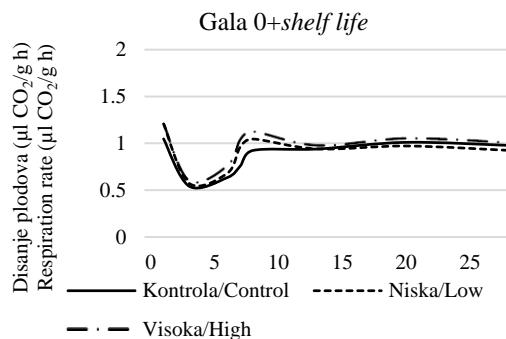
Grafikon 4. Proizvodnja etilena nakon skladištenja kod sorte *fudži* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)
Graph 4. Ethylene production after storage in *Fuji* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)



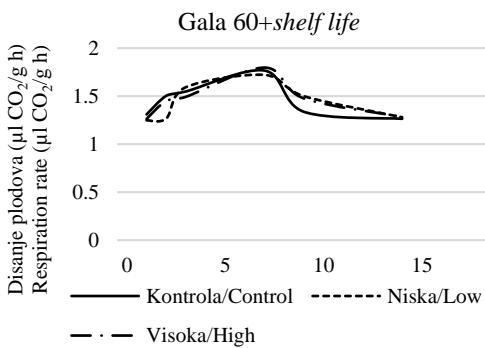
Grafikon 5. Proizvodnja etilena nakon berbe kod sorte *majrak* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)
Graph 5. Ethylene production after harvest in *Mairac* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)



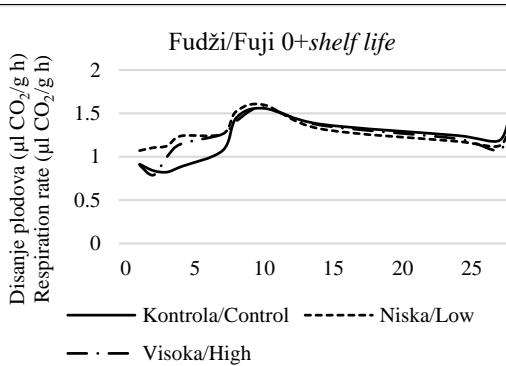
Grafikon 6. Proizvodnja etilena nakon skladištenja kod sorte *majrak* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)
Graph 6. Ethylene production after storage in *Mairac* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{g h}$)



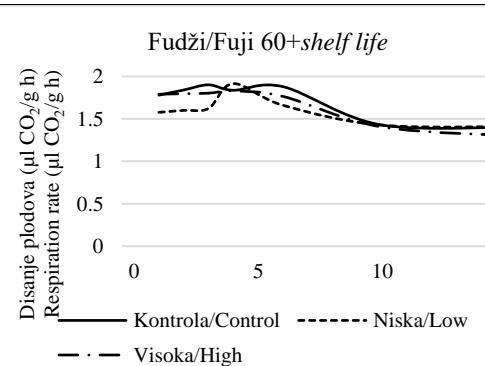
Grafikon 7. Disanje plodova nakon berbe kod sorte *gala* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)
*Graph 7. Respiration rate after harvest in *Gala* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)*



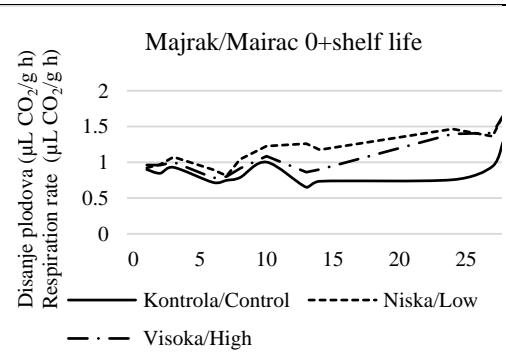
Grafikon 8. Disanje plodova nakon skladištenja kod sorte *gala* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)
*Graph 8. Respiration rate after storage in *Gala* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)*



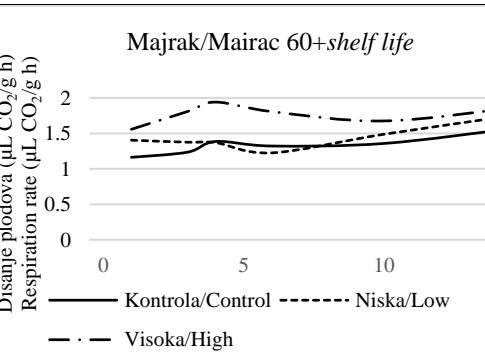
Grafikon 9. Disanje plodova nakon berbe kod sorte *fudži* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)
*Graph 9. Respiration rate in *Fuji* after harvest for different levels of crop load reduction ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)*



Grafikon 10. Disanje plodova nakon skladištenja kod sorte *fudži* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)
*Graph 10. Respiration rate after storage in *Fuji* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)*



Grafikon 11. Disanje plodova nakon berbe kod sorte *majrak* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)
*Graph 11. Respiration rate after harvest in *Mairac* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)*



Grafikon 12. Disanje plodova nakon skladištenja kod sorte *majrak* za različite nivoje opeterećenosti stabala ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)
*Graph 12. Respiration rate after storage in *Mairac* for different levels of crop load reduction ($\mu\text{L CO}_2/\text{g h}$)*

Gubitak mase ploda

Prema Jan and Rab (2012) gubitak mase ploda tokom čuvanja se linearno povećavao usled gubitka vode i disanja plodova. U našem istraživanju gubitak mase plodova tokom perioda *shelf life-a* (0+30 i 60+15) značajno se razlikovao kako između sorti tako i između stabla različitih opterećenja (tabela 1). Međutim, uticaj proređivanja na smanjenje gubitka mase plodova tokom čuvanja postignut je samo kod *fudžija*, kod stabala sa niskom opterećenosti za period čuvanja 60+15 i to za 6% manje u odnosu na kontrolu. Među ispitivanim sortama najmanji gubitak mase plodova je bio kod *fudžija i gale*, a posebno se istakla sorta *gala* nakon skladištenja, što čini ovu sortu vrlo pogodnom za duži period čuvanja. Ipak, postignuti rezultati nisu u skladu sa istraživanjem Ghafir (2009) gde su plodovi *gale* imali značajno veći gubitak mase tokom čuvanja u komorama sa kontrolisanom atmosferom u odnosu na naše istraživanje. Najveći gubitak mase je bio kod *majraka*, čak za 4,2% kod stabala sa niskom opterećenosti, za period čuvanja od 0+30 dana.

Tabela 1. Gubitak mase ploda ispitivanih sorti nakon berbe i 30 dana *shelf life-a* (0+30) i nakon 60 dana skladištenja i 15 dana *shelf life-a* (60+15), %

Table 1. Fruit weight loss of examined cultivars after harvest and 30 days of shelf life (0+30) and after 60 days of storage and 15 days of shelf life (60+15), %

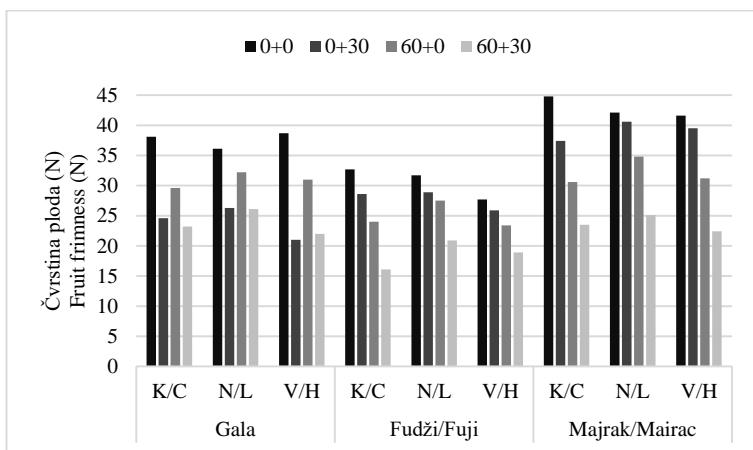
Opterećenost stabala <i>Crop load reduction</i>	Period čuvanja/ <i>Storage time</i>	
	0+30	60+15
Gala		
Kontrola/ <i>Control</i>	4,6	2,8
Niska/ <i>Low</i>	13,1	3,2
Visoka/ <i>High</i>	5,8	3,6
Fudži/ <i>Fuji</i>		
Kontrola/ <i>Control</i>	6,2	10,8
Niska/ <i>Low</i>	8,1	4,8
Visoka/ <i>High</i>	6,9	11,6
Majrak/ <i>Mairac</i>		
Kontrola/ <i>Control</i>	15,9	7,6
Niska/ <i>Low</i>	20,1	8,4
Visoka/ <i>High</i>	19,7	6,9

Čvrstina ploda

Čvrstina ploda predstavlja jedan od glavnih parametara kvaliteta u određivanju zrelosti, vremena berbe, kao i kvaliteta jabuke posle berbe (Peng and Lu, 2008). Na osnovu podataka prikazanih na grafikonu 13. zapažamo razlike između sorti, tretmana i perioda čuvanja. Sorta sa najvećom čvrstinom mezokarpa ploda je bila *majrak*, dok je najmanja čvrstina zabeležena kod *fudžija*.

Uticaj proređivanja na povećanje čvrstine ploda u berbi (0+0) nije bio značajan ni kod jedne sorte. Međutim, proređivanje plodova je uticalo na veću čvrstinu

mezokarpa ploda kod sorte *majrak* za perioda čuvanja 0+30 i 60+0. Tokom perioda *shelf life*-a najveći gubitak čvrstine mezokarpa ploda imala je *gala*, gde je veći gubitak zabeležen nakon berbe (0+30), i to od 27% (N/L) do 46% (V/H), nego posle skladištenja (60+30) plodova gde je gubitak bio od 19% (N/L) do 29% (V/H). Najveća razlika u čvrstini plodova u berbi i nakon perioda čuvanja 60+30 bila je kod majraka, 48% (K/C), a najmanja kod fudžija, 22% (V/H).



Grafikon 13. Čvrstina ploda ispitivanih sorti za različite nivoje opterećenosti stabala

* K/C-kontrola, N/L-niska, V/H-visoka opterećenost stabala

Graph 13. Fruit firmness of examined cultivars for different levels of crop load reduction

* K/C-control, N/L-low, V/H-high level of crop load reduction

Sadržaj rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina

Sadržaj rastvorljivih suvih materija (RSM) predstavlja jedan od glavnih parametara kvaliteta ploda čije se vrednosti postepeno povećavaju tokom skladištenja i smanjenja mase plodova (Ghafir 2009). Sadržaj RSM nije se značajno razlikovao između *gale* i *fudžija*, dok su kod *majraka* zabeležene najveće vrednosti (tabela 2). U momentu berbe (0+0) proređivanje plodova nije uticalo na povećanje sadržaj RSM kod *gale* ali je uticao na veći porast tokom čuvanja (60+0). Kod iste sorte nakon perioda čuvanja 60+30 zabeležen je značajniji pad vrednosti kod kontrolnog tretmana, što je u skladu sa istraživanjem Ghafir (2009) gdje su vrednosti RSM kod sorte *gala* nakon 60 dana skladištenja počele postepeno da opadaju.

Prema Zhang et al. (2022) sadržaj RSM se značajno povećava na početku skladištenja kao posledica degradacije polisaharida i konverzije skroba u proste šećere što rezutira povećanjem RSM i smanjenjem ukupnih kiselina (UK). Takođe, smanjenjem temperature ovi procesi se usporavaju što je uticalo na veće vrednosti RSM nakon perioda čuvanja 0+30 u odnosu na period čuvanja 60+0 kod pojedinih tretmana, kao i veći sadržaj UK nakon perioda čuvanja 60+0. Nakon perioda čuvanja 60+30 najveći efekat proređivanja na sadržaj RSM bio je kod sorte *majrak* kod stabala visoke opterećenosti i to za 1,7 °Brix-a.

Tabela 2. Sadržaj rastvorljivih suvih materija i ukupnih kiselina tokom različitih perioda čuvanja
Table 2. Soluble solids content and titratable acidity during different periods of storage

Opterećenost stabala <i>Crop load reduction</i>	Sadržaj rastvorljivih suvih materija ($^{\circ}$ Brix) <i>Soluble solids content ($^{\circ}$Brix)</i>				Ukupne kiseline (%) <i>Titratable acidity (%)</i>			
	Period čuvanja/ <i>Storage time</i>							
	0+0	0+30	60+0	60+30	0+0	0+30	60+0	60+30
Gala								
Kontrola/ <i>Control</i>	11,4	11,94	12,02	11,62	0,24	0,16	0,21	0,17
Niska/ <i>Low</i>	10,88	12,22	12,76	12,44	0,24	0,19	0,23	0,18
Visoka/ <i>High</i>	10,30	11,28	11,74	12,46	0,18	0,17	0,19	0,18
Fudži/ <i>Fuji</i>								
Kontrola/ <i>Control</i>	9,28	13,32	7,80	10,48	0,21	0,18	0,13	0,09
Niska/ <i>Low</i>	10,52	11,50	11,42	10,54	0,17	0,13	0,10	0,12
Visoka/ <i>High</i>	10,26	11,16	10,42	10,92	0,19	0,13	0,12	0,08
Majrak/ <i>Mairac</i>								
Kontrola/ <i>Control</i>	10,92	12,64	12,26	14,30	0,59	0,47	0,38	0,45
Niska/ <i>Low</i>	13,3	15,88	14,78	14,90	0,54	0,49	0,54	0,43
Visoka/ <i>High</i>	13,64	13,88	12,78	16,08	0,60	0,40	0,50	0,35

Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata možemo zaključiti da uticaj proređivanja plodova *gale* i *fudžija* na proizvodnju etilena i disanje plodova tokom različitih perioda čuvanja nije bio ispoljen. Međutim, kod istih sorti na gubitak mase ploda pored proređivanja bio je ispoljen i uticaj čuvanja, te je kod obe sorte najveći gubitak mase ploda bio kod stabala niske opterećenosti za period čuvanja 0+30, dok je kod *fudžija* isti tretman značajno smanjio gubitak mase ploda nakon skladištenja (60+15). Među ispitivanim sortama *majrak* se istakao po najnižoj proizvodnji etilena tokom čuvanja i najvećim sadržajem RSM na čije povećanje je uticaj proređivanja bio značajan.

Literatura

- Dennis Jr, F. G. 2000. The history of fruit thinning. Plant growth regulation, 31(1), 1-16.
- Ghafir, S. A. 2009. Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions. Acta Biologica Szegediensis, 53(1), 21-26.
- Jan, I., & Rab, A. 2012. Influence of storage duration on physico-chemical changes in fruit of apple cultivars. Journal of Animal and Plant Sciences, 22(3), 708-714.
- Lu, L., Zuo, W., Wang, C., Li, C., Feng, T., Li, X., Wang, C., Yao, Y., Zhang, Z. & Chen, X. 2021. Analysis of the postharvest storage characteristics of the new red-fleshed apple cultivar ‘meihong’. Food Chemistry, 354, 129470.

- Peng, Y., & Lu, R. 2006. Improving apple fruit firmness predictions by effective correction of multispectral scattering images. Postharvest Biology and Technology, 41(3), 266-274.
- Recasens, I., Benavides, A., Puy, J., & Casero, T. 2004. Pre-harvest calcium treatments in relation to the respiration rate and ethylene production of ‘Golden Smoothee’ apples. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(8), 765-771.
- Stevanović, S., Marković, D., Milovančević, U., & Otović, M. 2022. Uticaj čuvanja u kontrolisanoj atmosferi na kvalitet plodova jabuke. Zbornik Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji–Procesing, 35(1), 55-59.
- Sun, Y., Shi, Z., Jiang, Y., Zhang, X., Li, X., & Li, F. 2021. Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. Scientia Horticulturae, 276, 109748.
- Tokala, V. Y., Singh, Z., & Kyaw, P. N. 2021. Postharvest fruit quality of apple influenced by ethylene antagonist fumigation and ozonized cold storage. Food Chemistry, 341, 128293.
- Tokala, V. Y., Singh, Z., & Kyaw, P. N. 2022. Postharvest quality of ‘Cripps Pink’apple fruit influenced by ethylene antagonists during controlled atmosphere storage with photocatalytic oxidation. Journal of the Science of Food and Agriculture, 102, 4484-4490.
- Wallis, A. E., Miranda-Sazo, M. R., & Cox, K. D. 2021. Assessing and Minimizing the Development and Spread of Fire Blight Following Mechanical Thinning and Pruning in Apple Orchards. Plant Disease, 105(3), 650-659.
- Wang, N., Liu, W., Zhang, T., Jiang, S., Xu, H., Wang, Y., Zhang, Z., Wang, C., & Chen, X. 2018. Transcriptomic analysis of red-fleshed apples reveals the novel role of MdWRKY11 in flavonoid and anthocyanin biosynthesis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66(27), 7076-7086.
- Zhang, Y., Zhu, D., Ren, X., Shen, Y., Cao, X., Liu, H., & Li, J. 2022. Quality changes and shelf-life prediction model of postharvest apples using partial least squares and artificial neural network analysis. Food Chemistry, 394, 133526.

EFFECT OF THINNING ON FRUIT QUALITY OF THREE APPLE CULTIVARS AFTER STORAGE AND SHELF LIFE

¹Gordana Barać*, ¹Biserka Milić, ²Žarko Kevrešan, ³Jasna Mastilović, ¹Zoran Keserović, ¹Nenad Magazin, ¹Maja Milović, ¹Jelena Kalajdžić

¹*University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Dositej Obradović Sq. 8, 21000 Novi Sad, Serbia*

²*University of Novi Sad, Institute of Food Technology in Novi Sad, Boul. Cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Serbia;*

³*BioSense Institute, Dr Zorana Dindića 1, 21000 Novi Sad*

*e-mail: gordana.barac@polj.uns.ac.rs

Summary

In this research, we examined the effect of thinning on the fruit quality during storage and *shelf life* in the cultivars Mairac, Fuji and Gala. Three tree load levels are defined depending on the thinning intensity: low, medium, and high. The fruits were harvested at the time of commercial harvest and stored in chambers with the normal atmosphere (NA) at $1\pm0.5^{\circ}\text{C}$ for 60 days (60+0) and 30 days of storage at room temperature $21\pm2^{\circ}\text{C}$ (*shelf life*, 60+30). One sample from each treatment was stored for 30 days (0+30) at a room temperature of $21\pm2^{\circ}\text{C}$. For all load levels, in the cultivars Mairac and Fuji, the fruit firmness decreased constantly during storage and *shelf life*. The soluble solids content (SSC) generally increased during storage, while the content of titratable acidity (TA) generally decreased, and a greater decrease was recorded in fruits stored at room temperature. Among the examined cultivars, Mairac consistently had the lowest ethylene production, with a slight increase in respiration rate after 60 days in cold storage. The influence of thinning on ethylene production and respiration rate the Gala and Fuji was not achieved. During storage, weight loss is frequent, leading to significant economic losses. Despite the significant decrease in fruit firmness during storage and *shelf life*, the Gala had the lowest weight loss.

Key words: SSC, TA, ethylene, respiration rate, weight loss.

Originalni naučni rad

PAKOVANJE PLODOVA DVE SORTE ŠLJIVE U MODIFIKOVANOJ ATMOSFERI: UTICAJ NA FIZIČKE, HEMIJSKE I SENZORNE OSOBINE

Aleksandra Korićanac¹, Dragan Milatović², Branko Popović¹,
Olga Mitrović¹, Ivana Glišić¹

¹*Institut za voćarstvo, Čačak, Republika Srbija*

²*Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun, Republika Srbija*
E-mail: akoricanac@institut-cacak.org

Izvod. Cilj ovog istraživanja je bio ispitivanje uticaja pakovanja u modifikovanoj atmosferi (MAP) na očuvanje kvaliteta plodova dve sorte šljive, Prezident i Stenli, tokom četiri nedelje čuvanja u hladnjači. Modifikovana atmosfera u MAP kesama stvorena je pasivno, sinergističkim delovanjem disanja plodova i propustljivosti filma za gasove. Sa druge strane, plodovi čuvani u hladnoj komori sa normalnom atmosferom predstavljali su kontrolu. Analize fizičkih, hemijskih i antioksidativnih svojstava šljive, kao i senzorna ocena, vršene su u berbi i nakon iskladištenja. Kod obe sorte je utvrđeno da kontrolni i MAP plodovi nakon iskladištenja imaju slične vrednosti čvrstine ploda, sadržaja rastvorljive suve materije i ukupnih kiselina. Međutim, gubitak mase je bio značajno manji kod MAP plodova. Gubitak mase kod kontrolnih plodova sorte Prezident bio je 2,55 puta veći od gubitka mase plodova čuvanih u MAP kesama, dok je kod sorte Stenli gubitak mase kod kontrolnih plodova bio 3,72 puta veći u poređenju sa tretmanom. Uočene su velike razlike među sortama u pogledu sadržaja ukupnih fenola i ukupnih antocijana, kao i antioksidativnog kapaciteta. Međutim, nije utvrđen jasan uticaj MAP-a na sadržaj bioaktivnih jedinjenja. Prema rezultatima senzorne evaluacije, MAP nije značajno poboljšao senzorne osobine plodova šljive.

Ključne reči: čuvanje, gubitak mase, senzorna evaluacija, bioaktivna jedinjenja, *Prunus domestica*.

Uvod

Poslednjih decenija razvijeni su različiti tretmani koji, primjenjeni nakon berbe, omogućavaju očuvanje kvaliteta i produžen period čuvanja svežih plodova. Jedan od takvih je i pakovanje plodova u modifikovanoj atmosferi (MAP), koje predstavlja stavljanje plodova u kese napravljene od posebnih polimernih, mikroperforiranih filmova različite propustljivosti za kiseonik, ugljen-dioksid i vodenu paru. Modifikovana atmosfera nastaje sinergističkim delovanjem disanja plodova i propustljivosti filma za gasove, čime je omogućeno nastajanje mikroatmosfere oko samih plodova. Niska koncentracija O₂ i visoka koncentracija

CO₂ usporavaju metaboličke procese i senescenciju, što omogućava duže čuvanje plodova uz održavanje kvaliteta (Khan et al., 2018). Uprkos dugogodišnjem prisustvu MAP-a na tržištu i pozitivnim efektima na fizičke osobine voća dokazanih u različitim studijama (Mir et al., 2018), neznatan je broj istraživanja o uticaju MAP-a na osobine plodova šljive tokom čuvanja, a kada se radi o sortama evropske šljive taj broj je još manji (Sottile et al., 2013; Giuggioli et al., 2016).

Komercijalni kriterijumi kvaliteta plodova šljive uglavnom se odnose na veličinu, boju i čvrstinu; međutim, prihvatanje šljive od strane potrošača u velikoj meri zavisi od ukusa i arome (Hoehn et al., 2005). Poslednjih godina potrošači postaju sve više svesni zdravstvene vrednosti voća i uloge različitih bioaktivnih jedinjenja u smanjenju rizika od određenih bolesti. Kako je uticaj MAP-a na senzorne osobine i bioaktivna jedinjenja u plodu šljive nepoznana, cilj ovog istraživanja bilo je ispitivanje uticaja MAP-a na fizička, hemijska, nutritivna, antioksidativna i senzorna svojstva plodova šljive tokom 28 dana čuvanja u hladnjaci. Istraživanjem su obuhvaćene dve sorte evropske šljive: Stenli, najviše gajena sorta šljive u Republici Srbiji, i Prezident, kao pozna stona sorta.

Materijal i metode

Plodovi ispitivanih sorti šljive, Prezident ('President') i Stenli ('Stanley'), ubrani su u fazi koju najčešće nameću uslovi tržišta kada se radi o plodovima šljive namenjenim za čuvanje tj. kada je na oko 70% površine ploda formirana boja tipična za sortu, pri čemu su plodovi veoma čvrsti. Plodovi sorte Prezident ubrani su 18. avgusta 2020. godine, a datum berbe za sortu Stenli bio je 20. avgust 2020. Plodovi su ubrani u komercijalnom zasadu, u okolini Čačka, u kome su primenjene sve standardne agrotehničke mere uključujući i navodnjavanje. Podloga na kojoj su sorte kalemljene je sejanac dzanarike (*Prunus cerasifera* Ehrh.). Ubrani plodovi su transportovani u laboratoriju Instituta za voćarstvo, Čačak, gde su podeljeni u tri grupe. Jedna grupa plodova je korišćena za analizu fizičkih i senzornih svojstava na dan berbe, i odvojen je uzorak za hemijsku analizu i čuvan na -20 °C. Druga grupa plodova je stavljena u MAP kese od poliamidne providne mikroperforirane folije (The Magic bags, Decco, Catania, Italija). Treća grupa plodova predstavljala je kontrolu. Obe grupe plodova, ona upakovana u MAP i kontrolna, čuvane su 28 dana u hladnjaci na 0–2 °C i 90–95% relativne vlažnosti. Nakon iskladištenja, vršene su iste analize kao u terminima berbe.

Za određivanje gubitka mase tokom čuvanja izdvojeno je 60 plodova (30 plodova koji su nakon merenja mase stavljeni u MAP i 30 plodova koji su predstavljali kontrolu), čija je masa merena na tehničkoj vagi (OhausAdventurer, Parsippany, NJ, USA) pred ulazak u hladnjaku i nakon iskladištenja. Čvrstina plodova merena je ručnim penetrometrom (prečnik sonde 8,0 mm, model FT 327, T.R. Turoni, Forly, Italija) na uzorku od 20 plodova. Čvrstina svakog ploda određena je na dva mesta, normalno u odnosu na suturu pri čemu je vrednost čvrstine

pojedinačnog ploda izražena kao srednja vrednost ova dva merenja u kg/cm². Određivanje sadržaja rastvorljive suve materije (RSM) obavljeno je korišćenjem digitalnog refraktometra (Hanna Instruments, Germany). Sadržaj ukupnih kiselina određen je metodom neutralizacije rastvorom NaOH (0,1M), uz indikator fenolftalein, a sadržaj ukupnih šećera, invertnih šećera i saharoze određen je metodom po Luff-Schoorl-u (Tanner i Brunner, 1979). Ekstrakti za određivanje sadržaja bioaktivnih jedinjenja i antioksidativnog kapaciteta pripremljeni su primenom ultrazvučne ekstrakcije (Korićanac et al., 2021). Sadržaj ukupnih fenola određen je metodom po Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999) i izražen u miligramima galne kiseline u 100 g sveže mase ploda (mg GAE/100 g). Za kvantifikovanje sadržaja ukupnih monomernih antocijana korišćena je pH-diferencijalna metoda (Lee et al., 2005), a rezultati su izraženi u miligramima ekvivalenata cijanidin-3-glukozida u 100 g sveže mase ploda (mg cyd-3-glu/100 g). Antioksidativni kapacitet određen je ABTS metodom (Re et al., 1999) i izražen u milimolima Trolox ekvivalenata u 100 g sveže mase ploda (mmol TE/100 g). Sve hemijske analize urađene su u tri ponavljanja.

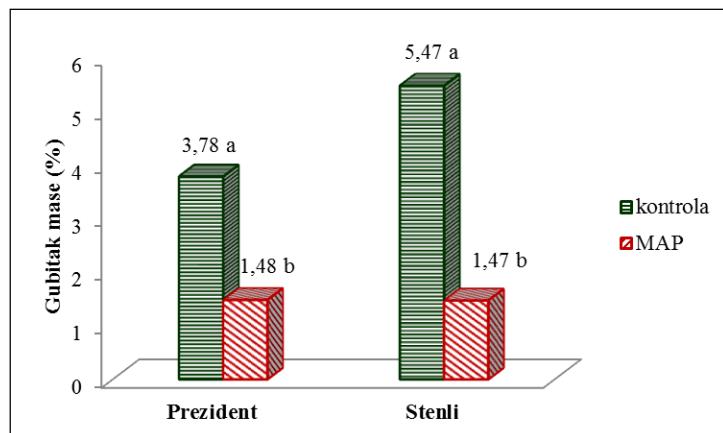
U senzornoj evaluaciji učestvovalo je pet panelista, koji su često bili uključeni u evaluaciju senzornih atributa voća ili proizvoda od voća. Panel se sastojao od pet odraslih osoba, tri žene i dva muškarca, starosti od 25 do 58 godina. Senzorna ocena vršena je u osvetljenoj prostoriji, na sobnoj temperaturi (22 °C). Za svaku sortu izdvojeno je 20 plodova za senzornu analizu, pri čemu su plodovi čuvani u hladnjaci ocenjivani nakon nekoliko sati po iskladištenju tj. kada su postigli približno sobnu temperaturu. Panelisti nisu imali informaciju koji plodovi iste sorte su čuvani u MAP-u, a koji u uslovima normalne atmosfere. Za ocenjivanje je korišćena neznatno izmenjena metoda, primenjena u istraživanju Taiti et al. (2019), a vrednosti skale bile su od 1–10, pri čemu je ocena jedan predstavljala najnižu vrednost za datu osobinu, a deset najvišu. Senzornom ocenom analizirana su sledeća svojstva plodova: atraktivnost (spoljašnji izgled), boja, čvrstina, ukus, sočnost, slatkoća, kiselost, oporost, aroma i ukupna prihvatljivost.

Dobijeni podaci su statistički obrađeni jednofaktorijskom analizom varijanse (ANOVA, F test). Višestruka poređenja srednjih vrednosti izvršena su Tukey testom ($p \leq 0,05$) korišćenjem programa STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, SAD). Svi podaci su prikazani kao srednje vrednosti.

Rezultati i diskusija

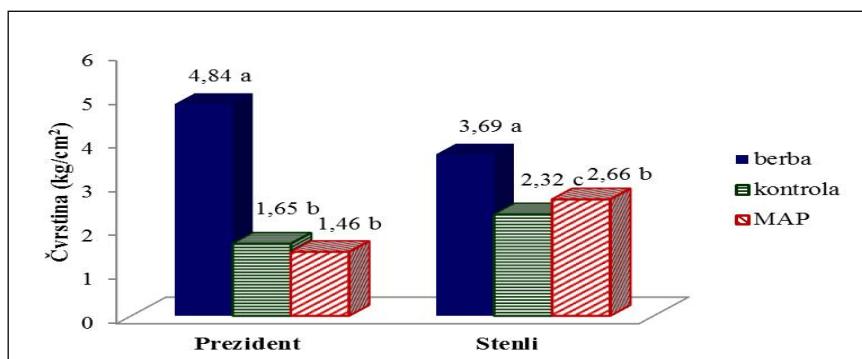
Prosečna masa ubranih plodova sorte Prezident bila je 60,30 g, a sorte Stenli 35,45 g, što je u saglasnosti sa literaturnim podacima (Milatović, 2019). Kod obe ispitivane sorte gubitak mase kontrolnih plodova bio je značajno veći od gubitka mase plodova čuvanih u MAP-u. Kod sorte Prezident gubitak mase kontrolnih plodova bio je 2,55 puta veći nego kod MAP plodova, dok je kod sorte Stenli taj odnos bio izraženiji (3,72 puta). Zanimljivo je da je kod plodova obe sorte gubitak mase u MAP-u bio skoro identičan (Slika 1), što ukazuje na to da atmosfera

formirana unutar MAP-a na sličan način utiče na smanjenje gubitka vode kod obe sorte, čime se sprečava smežuravanje pokožice. Dobijeni rezultati su u skladu sa onima koje navode Sottile et al. (2013), koji su utvrdili da je gubitak mase plodova čuvanih u MAP kesama bio uvek značajno manji u poređenju sa kontrolom, bez obzira na sastav filmova od kojih su kese napravljene. U istraživanjima sprovedenim na sortama kinesko-japanske šljive MAP je takođe očuvao hidrataciju plodova, čime je gubitak mase smanjen na ispod 1% (Briano et al., 2015; Peano et al., 2017).



Slika 1. Gubitak mase plodova ispitivanih sorti nakon 28 dana čuvanja u hladnjaci
Figure 1. Fruit weight loss of examined cultivars after 28 days of cold storage

Vrednosti čvrstine ubranih plodova kod obe sorte bile su veoma visoke (Slika 2), što je posledica berbe plodova u fazi nepotpune zrelosti, kako bi plodovi imali bolju manipulativnost i transportabilnost, što su neretko primarni zahtevi hladnjaćara i trgovaca. Tokom čuvanja čvrstina plodova se značajno smanjila, pri čemu su kod sorte Stenli MAP plodovi bili značajno čvršći od kontrolnih, dok kod sorte Prezident nije uočen uticaj MAP-a na ovaj parameter kvaliteta (Slika 2).



Slika 2. Čvrstina plodova ispitivanih sorti u berbi i nakon 28 dana čuvanja

Figure 2. Fruit firmness of examined cultivars at harvest and after 28 days of cold storage

Díaz-Mula et al. (2011a) su pak utvrdili značajno usporavanje omekšavanja plodova sorti kinesko-japanske šljive tokom čuvanja u uslovima MAP-a. Citirani autori navode da se taj efekat MAP-a zapravo može pripisati smanjenoj produkciji etilena tako upakovanih plodova, ali da ne treba zanemariti ni uticaj visoke koncentracije CO₂ i niske koncentracije O₂ na inhibiciju enzima koji razgrađuju celijski zid.

RSM kod sorte Prezident je blago opao tokom čuvanja i po iskladištenju je imao istu vrednost kod obe grupe plodova (Tabela 1). Kod sorte Stenli način čuvanja plodova nije uticao na sadržaj RSM, koja se tokom četiri sedmice nije značajno menjala (Tabela 2).

Tabela 1. Hemijske osobine plodova sorte Prezident u berbi i nakon 28 dana čuvanja*Table 1. Chemical properties of ‘President’ fruits at harvest and after 28 days of cold storage*

Parametar <i>Parameter</i>	Vreme berbe <i>Harvest time</i>	Posle čuvanja u hladnjaci <i>After cold storage</i>	
		Kontrola <i>Control</i>	MAP <i>MAP</i>
RSM (%)	14,92 a	14,07 b	14,06 b
SSC (%)			
Ukupne kiseline (%) <i>Total acids (%)</i>	1,48	1,22	1,18
Ukupni šećeri (%) <i>Total sugars (%)</i>	8,16	7,88	7,60
Invertni šećeri (%) <i>Inverted sugars (%)</i>	4,16	4,02	3,66
Saharoza (%) <i>Sucrose (%)</i>	3,80	3,67	3,74
Ukupni fenoli (mg GAE/100 g) <i>Total phenolics (mg GAE/100 g)</i>	249,97 b	274,00 a	278,31 a
Ukupni antocijani (mg cyd-3-glu/100 g) <i>Total anthocyanins (mg cyd-3-glu/100 g)</i>	19,97 b	21,85 b	24,28 a
Antioksidativni kapacitet (mmol TE/100 g) <i>Antioxidant capacity (mmol TE/100 g)</i>	1,60 b	1,51 b	1,80 a

Prosečne vrednosti u redu praćene različitim malim slovima statistički su značajno različite prema Tukey testu ($P \leq 0,05$)/ *Mean values followed by different letters within a row represent significant difference according to the Tukey test ($P \leq 0,05$)*

Giuggioli et al. (2016) su uočili povećanje sadržaja RSM tokom čuvanja plodova dve sorte evropske šljive, kako kod MAP tako i kod kontrolnih plodova. Autori objašnjavaju da je povećanje sadržaja RSM tokom čuvanja očekivano zbog gubitka vode i razgradnje saharoze. Ipak, rezultati dobijeni u ovoj studiji odstupaju od navedenog jer, iako je gubitak mase (vode) bio veliki kod obe sorte, razgradnja saharoze nije bila statistički značajna (Tabela 1, Tabela 2). Peano et al. (2017) takođe

nisu utvrdili statistički značajne razlike u sadržaju RSM između kontrolnih i MAP plodova sorte ‘Angeleno’ nakon 60 dana čuvanja, a blagi pad RSM objašnjavaju kao posledicu stresa usled težnje plodova da dostignu termičku ravnotežu sa rashladnom komorom pri čemu dolazi do razgradnje šećera.

Sadržaj ukupnih kiselina ubranih plodova obe sorte bio je značajno viši u poređenju sa rezultatima koje je dobila Bozhkova (2014), što se objašnjava različitim stepenom zrelosti plodova i različitim agroekološkim uslovima u kojima su sorte gajene. Ovaj parametar nije se značajnije menjao tokom četiri sedmice skladištenja, bez obzira na način čuvanja plodova (Tabela 1, Tabela 2). U istraživanju Giuggioli et al. (2016) uočen je pad sadržaja ukupnih kiselina tokom čuvanja, pri čemu su MAP plodovi imali veći sadržaj kiselina u poređenju sa kontrolom.

Tabela 2. Hemijske osobine plodova sorte Stenli u berbi i nakon 28 dana čuvanja
Table 2. Chemical properties of ‘Stanley’ fruits at harvest and after 28 days of cold storage

Parametar <i>Parameter</i>	Vreme berbe <i>Harvest time</i>	Posle čuvanja u hladnjaci <i>After cold storage</i>	
		Kontrola <i>Control</i>	MAP <i>MAP</i>
RSM (%)	11,10	11,32	11,05
SSC (%)			
Ukupne kiseline (%) <i>Total acids (%)</i>	0,71 b	0,79 a	0,76 ab
Ukupni šećeri (%) <i>Total sugars (%)</i>	7,12 ab	7,96 a	6,80 b
Invertni šećeri (%) <i>Inverted sugars (%)</i>	4,29 b	5,39 a	4,10 b
Saharoza (%) <i>Sucrose (%)</i>	2,69	2,44	2,56
Ukupni fenoli (mg GAE/100 g) <i>Total phenolic content (mg GAE/100 g)</i>	153,59	158,86	146,08
Ukupni antocijani (mg cyd-3-glu/100 g) <i>Total anthocyanins (mg cyd-3-glu/100 g)</i>	9,88 b	15,59 a	11,41 b
Antiosidativni kapacitet (mmol TE/100 g) <i>Antioxidant capacity (mmol TE/100 g)</i>	0,85 b	0,99 a	0,88 b

Prosečne vrednosti u redu praćene različitim malim slovima statistički su značajno različite prema Tukey testu ($P \leq 0,05$)/ *Mean values followed by different letters within a row represent significant difference according to the Tukey test ($P \leq 0,05$)*

Nije uočen jasan uticaj MAP-a na sadržaj ukupnih šećera, invertnih šećera i saharoze kod ispitivanih sorti, a kod sorte Prezident tokom čuvanja nije došlo do statistički značajnih promena navedenih osobina ni kod kontrolnih, ni kod MAP plodova.

Sadržaj ukupnih fenola kod sorte Prezident bio je visok u terminu berbe (249,97 mg GAE/100 g), a značajno veći od vrednosti dobijenih u istraživanju

Martínez-Romero et al. (2019), koji navode da plodovi sorte Prezident sadrže svega 50,3 mg GAE/100 g. Ovako velike razlike mogu se objasniti različitim agroekološkim uslovima, ali i različitim načinima ekstrakcije. Tokom čuvanja došlo je do značajnog porasta sadržaja ukupnih fenola, a isti obrazac ponašanja uočen je i u prethodno citiranom istraživanju (Martínez-Romero et al., 2019). Kod sorte Stenli vrednosti sadržaja ukupnih fenola bile su manje nego kod sorte Prezident, ali saglasne sa literaturnim podacima (Miletić et al., 2012), a tokom čuvanja nije došlo do promene pomenutog parametra. Rezultati ovog, ali i naših prethodnih istraživanja (Korićanac et al., 2020; Korićanac et al., 2021) ukazuju na to da je sadržaj ukupnih fenola, kao i način njihove promene tokom čuvanja pre svega sortna osobina. Kod obe ispitivane sorte nije uočen uticaj MAP-a na sadržaj fenolnih jedinjenja. U istraživanjima Díaz-Mula et al. (2011b) i Peano et al. (2017) utvrđeno je da su plodovi sorti kinesko-japanske šljive čuvani u MAP-u imali niži sadržaj fenolnih jedinjenja nakon čuvanja, a što se smatra posledicom sporijeg odvijanja metaboličkih procesa u uslovima modifikovane atmosfere.

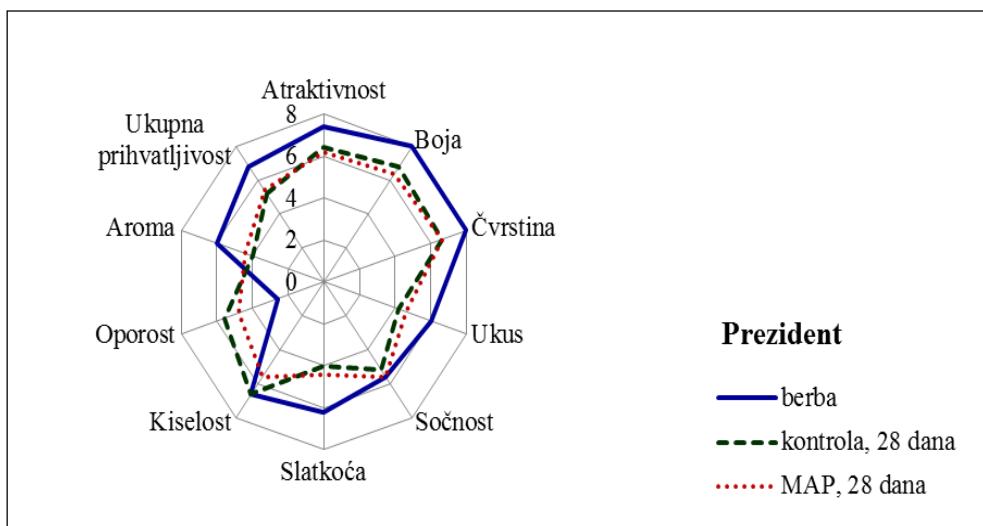
Kod obe ispitivane sorte uočen je porast sadržaja antocijana tokom čuvanja, ali je uticaj MAP-a nejasan. Kod sorte Prezident MAP plodovi su imali statistički značajno veći sadržaj ukupnih antocijana u poređenju sa kontrolom (Tabela 1), dok je kod sorte Stenli uočen suprotan trend (Tabela 2). Díaz-Mula et al. (2011b) takođe uočavaju trend porasta sadržaja antocijana tokom čuvanja, s tim da je ovaj porast usporen kod plodova čuvanih u MAP-u.

Antioksidativni kapacitet plodova obe sorte menjao se na identičan način kao i ukupni antocijani (Tabela 1, Tabela 2), što ukazuje na korelaciju ova dva parametra, koja je očekivana s obzirom da antocijani imaju izražena antioksidativna svojstva. Ipak, ni za ovaj parameter, koji je važan pokazatelj biološke vrednosti plodova, ne može se uočiti jasan efekat MAP-a, a kako u literaturi ne postoje podaci o uticaju MAP-a na antioksiadativna svojstva plodova evropske šljive, neophodna su dalja istraživanja.

Komercijalna vrednost plodova šljive zasniva se pretežno na spoljašnjim osobinama (boja, veličina, oblik). Međutim, Hoehn et al. (2005) navode ukus i aromu kao najvažnije determinante prihvatanja plodova šljive od strane potrošača. Bozhkova (2014) pak naglašava da obično samo dobro obavešteni kupci poklanjaju veliku pažnju ukusu, kao važnom pokazatelju kvaliteta plodova šljive. Upravo zbog toga rezultati senzorne analize su podjednako važni kao i rezultati analize fizičkih i hemijskih svojstava. Na Slici 3 prikazani su rezultati senzorne analize plodova sorte Prezident.

Ubrani plodovi sorte Prezident imali su visoke ocene za boju i čvrstinu (ocena 8), dok su nešto lošije ocenjeni aroma, ukus, sočnost i slatkoća. Zanimljivo je da su panelisti iskladištenim plodovima, bez obzira na način čuvanja, gotovo za sva svojstva dali niže ocene nego u vreme berbe. Boja je nešto lošije ocenjena po izlasku iz hladnjače, bez obzira što je kod sorte Prezident tokom čuvanja došlo do akumulacije antocijana. Omekšavanje plodova rezultovalo je nižom ocenom za čvrstinu kod obe grupe plodova. Tokom čuvanja došlo je i do degradacije ukusa i

slatkoće, iako se sadržaj RSM, šećera i kiselina nije značajnije menjao; a uočena je i degradacija aromе. Ocena za kiselost bila je ista i u berbi i po iskladištenju, dok je ocena oporosti bila veća, što se može objasniti potencijalnom transformacijom taninskih materija tokom čuvanja, pa su plodovi po izlasku iz hladnjače bili dopadljiviji panelistima u pogledu ovog svojstva. Ukupna prihvatljivost plodova sa sedam, koliko je ocenjena u vreme berbe, pala je na svega pet i kod MAP i kod kontrolnih plodova, što ukazuje da se ubranim plodovima, koji nisu dostigli odgovarajuće senzorne osobine pre berbe, ne može ni poboljšati niti očuvati kvalitet tokom čuvanja, bez obzira na način pakovanja.

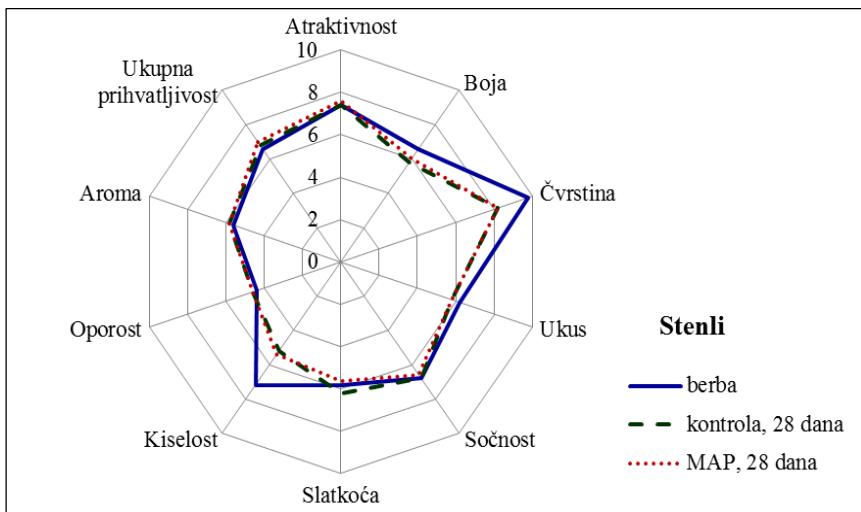


Slika 3. Senzorne osobine plodova sorte Prezident u berbi i nakon 28 dana čuvanja

Figure 3. Sensory properties of 'President' fruits at harvest and after 28 days of cold storage

Kod sorte Stenli takođe nije uočen uticaj MAP-a na senzorne osobine plodova, a panelisti su dali iste ocene za sva ispitivana svojstva kod obe grupe iskladištenih plodova (Slika 4). Zanimljivo je da se kod sorte Stenli ocena ukupne prihvatljivosti nije menjala nakon čuvanja plodova (ocena 7).

Iako manje čvrsti, plodovi sorte Stenli ($3,69 \text{ kg/cm}^2$) su imali višu ocenu za čvrstinu u vreme berbe (maksimalna ocena 10), u poređenju sa plodovima sorte Prezident ($4,84 \text{ kg/cm}^2$) pa se može zaključiti da potrošači preferiraju čvrste, ali ne ekstremno čvrste plodove šljive. Plodovi sorte Prezident su pak bolje ocenjeni za svojstvo boje, a to se može objasniti i značajno većim sadržajem antocijiana u poređenju sa plodovima sorte Stenli. Panelisti su kao ukusnije, slade, sočnije i aromatičnije ocenili iskladištene plodove Stenlija, dok u vreme berbe razlika u oceni ovih svojstava između ispitivanih sorti nije bila značajna.



Slika 4. Senzorne osobine plodova sorte Stenli u berbi i nakon 28 dana čuvanja
Figure 4. Sensory properties of 'Stanley' fruits at harvest and after 28 days of cold storage

Iako je kod obe sorte MAP značajno uticao na smanjenje gubitka mase, to se nije odrazilo na ocenu atraktivnosti. U istraživanju Peano et al. (2017) plodovi sorte ‘Angeleno’ nakon 60 dana čuvanja u MAP-u imali su značajno bolju teksturu i izgled u poređenju sa kontrolom, što autori pripisuju upravo manjem gubitku mase, ali i boljoj očuvanosti pepeljka u MAP kesama.

Zaključak

Rezultati ispitivanja uticaja MAP-a na čuvanje plodova sorti šljive Prezident i Stenli ukazuju da polipropilenska semipermeabilna folija od koje su napravljene MAP kese značajno smanjuje gubitak mase, a time i mogućnost smežuravnja plodova i narušavanja spoljašnjeg izgleda. Međutim, nije utvrđen jasan uticaj MAP-a na sadržaj RSM, šećera, kiselina i bioaktivnih jedinjenja, a na osnovu rezultata senzorne analize nije utvrđen pozitivan efekat MAP-a na svojstva plodova ispitivanih sorti. Ipak treba naglasiti da MAP nije ispoljio ni štetan uticaj na ispitivane osobine plodova. S obzirom da upotreba MAP-a zahteva dodatna sredstva, opravdana je kod plodova onih sorti koje imaju izraženu transpiraciju tokom čuvanja. Treba uzeti u obzir i da efekat MAP-a nije isti za sve sorte, pa je poželjno nastaviti istraživanja i kod drugih sorti evropske šljive.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Broj ugovora: 451-03-68/2022-14/ 200215).

Zahvaljujemo se firmi GreenGrow Group za obezbeđenje MAP kesa.

Literatura

- Bozhkova, V. 2014. Chemical composition and sensory evaluation of plum fruits. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15, 1, 31–35.
- Briano, R., Gireggi, V., Giuggioli, N.R., Peano, C. 2015. Performance of different box bags for MAP to preserve the quality of ‘Angeleno’ plums in transport storage conditions. *Acta Horticulturae*, 1079, 561–566.
- Díaz-Mula, H.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D. 2011a. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 1. Effect on organoleptic quality. *Postharvest Biology and Technology*, 61, 103–109.
- Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Valverde, J.M., Valero, D., Serrano, M. 2011b. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 2. Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Postharvest Biology and Technology*, 61, 110–116.
- Giuggioli, N.R., Sottile, F., Peano, C. 2016. Quality indicators for modified atmosphere packaging (MAP) storage of high-quality European plum (*Prunus domestica* L.) cultivars. *Italian Journal of Food Science*, 28, 376–390.
- Hoehn, E., Gasser, F., Naeflin, B., Ladner, J. 2005. Consumer expectations and soluble solids, acidity and firmness of plums (*Prunus domestica* ‘Cacaks Beauty’). *Acta Horticulturae*, 682, 667–672.
- Khan, A.S., Singh, Z., Ali, S. 2018. Postharvest biology and technology of plum. In: (Mir, S.A., Shah, M.A., Mir, M.M., eds.). *Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits*. Springer, Cham, Switzerland, pp. 101–147.
- Korićanac, A., Glišić, I.P., Lukić, M., Popović, B., Mitrović, O., Glišić, I.S., Paunović G. 2020. Fruit quality of plum (*Prunus domestica* L.) cultivars ‘Čačanska Lepotica’ and ‘Empress’ after cold storage. Book of Proceedings of XI International Scientific Agriculture Symposium ‘Agrosym 2020’, Jahorina (Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina), pp. 127–132.
- Korićanac, A., Glišić, I.S., Popović, B., Mitrović, O., Milošević, N., Glišić, I.P. 2021. Preliminary results of ‘Timočanka’ plum cultivar storability. *Journal of Pomology*, 55, 209/210, 63–68.
- Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 88, 5, 1269–1278.
- Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Paladine, D., Zapata, P.J., Valero, D., Serrano, M. 2019. Rosehip oil coating delays postharvest ripening and maintains quality of European and Japanese plum cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 155, 29–36.
- Milatović, D. 2019. Šljiva. Naučno voćarsko društvo Srbije, Čačak.
- Miletić, N., Popović, B., Mitrović, O., Kandić, M. 2012. Phenolic content and antioxidant capacity of fruits of plum cv. ‘Stanley’ (*Prunus domestica* L.) as influenced by maturity stage and on-tree ripening. *Australian Journal of Crop Science*, 6, 4, 681–687.

- Mir, S.A., Shah, M.A., Mir., M.M. 2018. Postharvest Biology and Technology of Temperate fruits. Springer, Cham, Switzerland.
- Peano, C., Giuggioli, N.R., Grgenti, V., Palma, A., D'Aquino, S., Sottile, F. 2017. Effect of palletized MAP storage on the quality and nutritional compounds of the Japanese plum cv. Angeleno (*Prunus salicina* Lindl.). Journal of Food Processing and Preservation, 41, e12786.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, 26, 1231–1237.
- Singleton, L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods in Enzymology, 299, 152–178.
- Sottile, F., Peano, C., Giuggioli, N.R., Grgenti, V. 2013. The effect of modified atmosphere packaging on the physical and chemical quality of fresh yellow plum cultivars. Journal of Food, Agriculture and Environment, 11, 3/4, 363–367.
- Taiti, C., Pandolfi, C., Caparrotta, S., Dei, M., Giordani, E., Mancuso, C., Nencetti, V. 2019. Fruit aroma and sensorial characteristics of traditional and innovative Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) cultivars grown in Italy. European Food Research and Technology, 245, 2655–2668.
- Tanner, H., Brunner, H.R. 1979. Getränke Analytik; Verlag Heller Chemie: Schwäbisch Hall, Germany.

MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING OF FRUITS OF TWO EUROPEAN PLUM CULTIVARS: EFFECT ON PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES

Aleksandra Korićanac¹, Dragan Milatović², Branko Popović¹,
Olga Mitrović¹, Ivana Glišić¹

¹ *Fruit Research Institute, Čačak, Republic of Serbia*

² *Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Republic of Serbia*

E-mail: akoricanac@institut-cacak.org

Summary

The effect of modified atmosphere packaging (MAP) on preserving fruit quality of two plum cultivars, ‘President’ and ‘Stanley’, during four weeks of cold storage was evaluated. Modified atmosphere in MAP bags was created passively through synergistic action of the fruits’ respiration and permeability of the film to the gases. On the other hand, fruits stored in cold chamber under normal atmosphere conditions represented the control. Analyses of physical, chemical and antioxidant properties of plums and sensory evaluation as well, were performed at harvest and after cold storage. It was observed in both cultivars that control and MAP fruits after cold storage had similar values for the fruit firmness, soluble solids content and total acids content. However, weight loss was significantly lower in MAP fruits in ‘President’ control fruits had more than two-fold higher weight loss in comparison to the MAP fruits, whilst in ‘Stanley’ weight loss was more than three-fold higher in control fruits. The great differences were observed among cultivars in terms of total phenolics content, total anthocyanins content and antioxidant capacity. No clear effect of MAP on the content of bioactive compounds was determined, though. According to the results of the sensory evaluation, MAP did not significantly improve sensory attributes of plums.

Keywords: cold storage, weight loss, sensory evaluation, bioactive compounds, *Prunus domestica*.

PROMENA ČVRSTINE PLODA KAJSIJE TOKOM SKLADIŠENJA U ZAVISNOSTI OD PRIMENE TRETMANA PRE I NAKON BERBE

Maja Milović¹, Nenad Magazin¹, Žarko Kevrešan², Zoran Keserović¹, Jasna Mastilović³, Biserka Milić¹, Jelena Kalajdžić¹, Gordana Popara¹, Renata Kovač², Bajić Aleksandra², Jovica Gošić¹

¹Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

²Univerzitet u Novom Sadu, Naučni institut za prehrambene tehnologije, Novi Sad

³Biosens institut, Dr Zorana Đindjića 1

E-mail: maja.miodragovic@polj.uns.ac.rs

Izvod. Čvrstina ploda je jedna od veoma važnih osobina koja, pored fizioloških oboljenja, direktno utiče na sposobnost čuvanja plodova. Cilj ovog rada je bio da se odgovarajućom kombinacijom tretmana pre i nakon berbe očuva kvalitet plodova kajsije i omogući duži period čuvanja. U radu su prikazani rezultati gubitka čvrstine ploda kajsije tokom skladištenja u zavisnosti od primene folijarnih tretmana na bazi kalcijuma (Wuxal®Calcium, CaNO₃) pre berbe u kombinaciji sa tretmanima nakon berbe: MAP (pakovanja sa modifikovanom atmosferom) i 1 – metilciklopropen (1-MCP - SmartFresh™). Istraživanje je sprovedeno tokom 2016. i 2017. godine i obuhvatilo je četiri sorti kajsije—Buda, Novosadska kasnocrveta, Novosadska rodna i NS-4. CaNO₃ je primenjen u koncentraciji 0,1% aktivne materije, u tri ponavljanja (CaNO₃ 3 ×) i to u fazama prečnika plodića 11 mm, 21 mm i 30 mm. Dan nakon berbe na uzorku rashlađenih plodova (I_{AD} indeksa 0,4-0,8) primenjeni su tretmani MAP i 1-MCP. Čvrstina plodova merena je nakon berbe (0 dan), nakon 15 dana čuvanja u uslovima normalne atmosfere (0±1 °C, relativna vlažnost vazduha 90±5%) kao i nakon tri dana čuvanja na sobnoj temperaturi (20 °C). Nakon 15 dana čuvanja u kombinaciji CaNO₃ 3 × i MAP tretmana zabeležen je najmanji gubitak čvrstine ploda kod svih sorti izuzev kod sorte ‘NS-4’. Kod ove sorte nakon 15 dana čuvanja najmanji gubitak čvrstine imali su plodovi čuvani u MAP (36%). Nakon 15+3 dana čuvanja, kod sorti Novosadska kasnocrveta i Novosadska rodna najmanji gubitak čvrstine ploda postignut je kod plodova koji su čuvani u MAP (74% i 75%), kod sorte Buda u kombinaciji CaNO₃ 3 × i MAP tretmana (66%), a kod sorte NS-4 u varijanti sa 1-MCP-om bez primene kalcijuma (77%).

Ključne reči: kalcijum, 1-MCP, MAP, kvalitet ploda.

Uvod

Plodovi kajsije pokazuju nagli porast proizvodnje etilena, te nakon berbe brzo dozrevaju i prezrevaju pa su sveži plodovi na tržištu dostupni isključivo tokom sezone. Uticaj spoljašnje sredine, odabir sorte, primenjene agrotehničke i

pomotehničke mere samo su neki od faktora koji utiču na smanjenje kvaliteta kajsije. Ishrana biljaka je jedan od najvažnijih segmenata uspešne proizvodnje. Poznato je da kalcijum održava strukturu i funkciju ćelijskih membrana (Kastori, 1998), povećava čvrstinu ploda, odlaže sazrevanje i starenje i redukuje osjetljivost plodova na fiziološka oboljenja (Crisosto et al., 2000; Gerasopoulos & Drogoudi, 2005; Abdrabboh, 2012). Primena kalcijuma pre berbe utiče na veću čvrstinu ploda nakon skladištenja (Tzoutzoukou & Bouranis, 1997; Manganaris et al., 2005). Rezultati koje su dobili Poovaiah (1979) i Marcella et al. (1989) pokazuju da kalcijum odlaže proces sazrevanja.

Nedostatak neadekvatnog čuvanja plodova je gubitak čvrstine, kaliranje plodova kao i pojava fizioloških oboljenja. Čuvanjem plodova na određenoj temperaturi u kombinaciji sa tretmanima pre ili nakon berbe, moguće je redukovati gubitke. Pored primene tretmana pre berbe, poslednjih godina sve je zastupljenija primena tretmana nakon berbe sa ciljem očuvanja kvaliteta ploda, produžetka sezone i veće dostupnosti svežih plodova kajsije na tržištu. Neki od tih tretmana su čuvanje plodova u modifikovanoj atmosferi i primena inhibitora etilena (Fan et al., 2000; Mohsen, 2011). Tokom skladištenja plodovi gube čvrstinu, međutim primena MAP tehnologije (pakovanja sa modifikovanom atmosferom) može da uspori ovu pojavu i umanji gubitak čvrstine. Stavljanjem i zatvaranjem plodova u pakovanja sa modifikovanom atmosferom, uspostavlja se koncentracija kiseonika i ugljen-dioksida do željene ravnoteže (Schlimme & Rooney, 1994). Fagundes et al. (2015) tvrde da plodovi tretirani MAP tehnologijom bolje zadržavaju čvrstinu tokom skladištenja u odnosu na plodove iz kontrole.

Etilen, biljni hormon sazrevanja se prirodno sintetiše u biljkama i jedan je od glavnih uzročnika dozrevanja i starenja plodova nakon berbe. Vezivanjem za receptore etilena 1 – metilciklopropen (1-MCP) inhibira delovanje etilena (Sisler & Serek, 1997) i na taj način usporava sazrevanje plodova. Inhibicijom etilena, 1-MCP usporava biohemijske procese i promene na plodovima i produžava period u kome će se očuvati kvalitet plodova (Fan et al., 2000; Dong et al., 2002; Argenta et al., 2003, Liu et al., 2005; Cao et al., 2009). Prednost njegove primene je to što je gas dugotrajnog dejstva, bez mirisa, nije toksičan i aktivran je u veoma niskim koncentracijama (Sisler, 2006). Cilj ovog rada je bio da se odgovarajućom kombinacijom tretmana pre i nakon berbe očuva kvalitet plodova kajsije i omogući duži period čuvanja.

Materijal i metode

Ogledi u voćnjaku su postavljeni na oglednom polju Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu koje se nalazi na Rimskim šančevima, Srbija. U pitanju je zasad gustog sklopa (1250 stabala po hektaru) podignut 2012. godine sa razmakom sadnje 4×2 m. Kao podloga korišćena je džanarika (*Prunus cerasifera* Ehrh.), a crni trn (*Prunus spinosa* L.) kao interpodloga. Zasad je pokriven protivgradnom mrežom, navodnjavanje se vrši sistemom „kap po kap”, a u zasadu se redovno primenjuju sve

standardne agrotehničke mere. Istraživanje je sprovedeno tokom 2016. i 2017. godine i obuhvatilo je četiri sorti kajsije: Buda, Novosadska kasnogvetna, Novosadska rodna i NS-4.

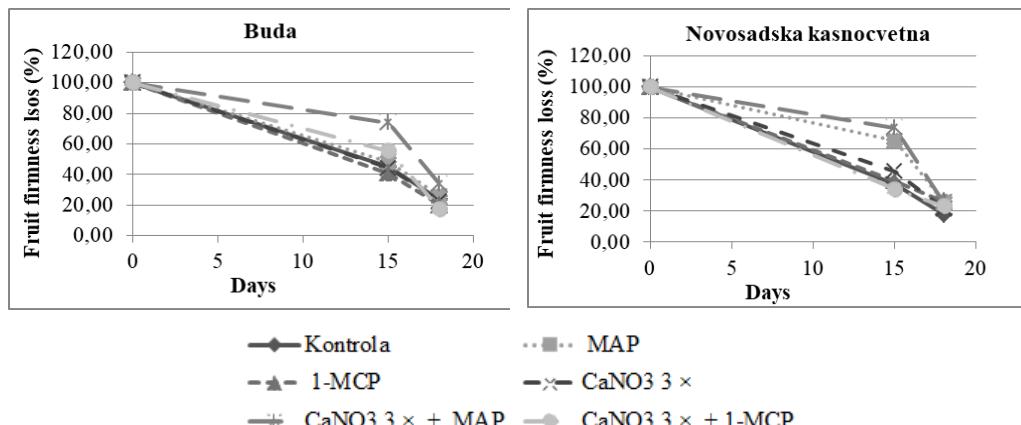
Tretman na bazi kalcijuma primjenjen je u obliku hraniva Wuxal®Calcium (izvor kalcijum nitrata, CaNO_3) proizvođača „Chemical Agrosava“. CaNO_3 je primjenjen u koncentraciji 0,1% aktivne materije, u tri ponavljanja (CaNO_3 3 ×) i to u fazama prečnika plodića prosečnih vrednosti 11 mm, 21 mm i 30 mm.

Berba plodova jedne sorte obavljena je u istom danu, uzorci su sakupljeni sa svih oglednih stabala na osnovu željenog opsega I_{AD} indeksa (0,4-0,8) (indeks razlike u apsorbanciji između 670 i 720 nm). Uzorci ovih plodova su transportovani u laboratoriju i pilot postrojenje za „postharvest“ tehnologije Naučnog instituta za prehrambene tehnologije u Novom Sadu. Dan nakon berbe na uzorku rashlađenih plodova bez spoljnih oštećenja primjenjeni su tretmani: MAP (pakovanja sa modifikovanom atmosferom) i 1 – metilciklopropen (1-MCP - SmartFresh™). Za MAP tretmane korištene su kese Xtend® proizvođača StePac (Tefen, Izrael) . Tretman 1-MCP je primjenjen u obliku preparata Smartfresh™ 0.14 Technology (Filadelfija, Pensilvanija) koji aktivnu supstancu 1-metilciklopropen sadrži u koncentraciji 0,14%. Netretirani plodovi predstavljali su kontrolu. Zajedno sa plodovima iz kontrole, tretirani plodovi su nakon 24 časa smeštani u hladnjaku na odgovarajući režim čuvanja. Dužina čuvanja je kod svih sorti bila 15 dana u uslovima normalne atmosfere (0 ± 1 °C, relativna vlažnost vazduha $90\pm5\%$). Nakon 15 dana plodovi su još tri dana čuvani na sobnoj temperaturi (20 °C). Čvrstina mezokarpa ploda određivana je pomoću analizatora teksture sa promerom ubodne igle 8 mm, TX- TA.XT Plus analizator teksture (Stable Microsystems, Godalming, UK). Pre početka merenja, specijalnim nožićem je skinuta pokožica ploda, a zatim se utiskivanje ubodnom iglom obavljalo na obe naspramne strane ploda. Promene u čvrstini plodova su izražene u procentima i prikazane u vidu grafikona.

Rezultati i diskusija

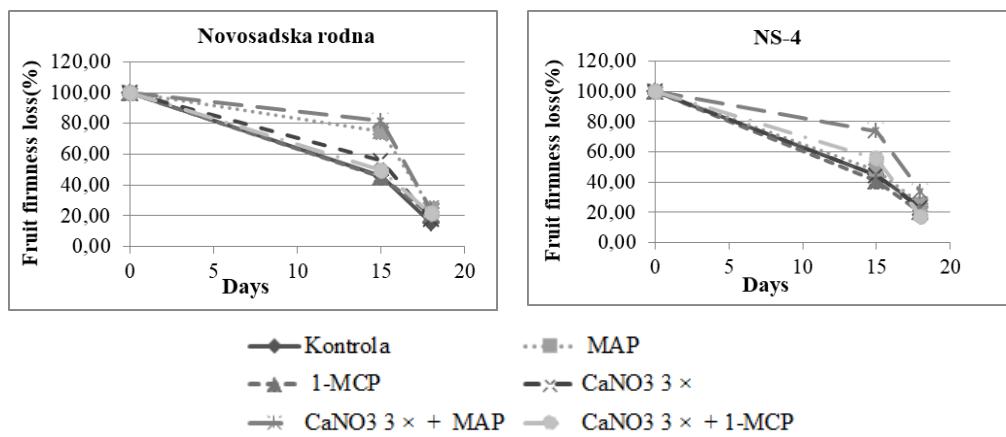
Kod potrošača, prilikom kupovine, kvalitet ploda je vrlo značajan, a čvrstina ploda je jedan od faktora koji utiče na izbor potrošača. Efekat MAP tretmana nakon berbe vidljiv je već nakon 15 dana čuvanja u uslovima normalne atmosfere. Tokom 15 dana čuvanja u ovim uslovima redukovani je gubitak čvrstine ploda kod svih sorti. Kombinacijom CaNO_3 3 × i MAP tretmana postignut je najmanji gubitak čvrstine ploda nakon 15 dana čuvanja kod sorti Buda, Novosadska kasnogvetna i Novosadska rodna (Slike 1, 2 i 3). Izuzetak je bila sorta NS-4 (Slika 4) kod koje je najmanji gubitak čvrstine ploda zabeležen kod plodova iz kontrole čuvanih u MAP (36%). Kod ove sorte masa plodova u kombinaciji CaNO_3 3 × i MAP je bila nešto veća u odnosu na plodove iz kontrole koji su čuvani u MAP što opravdava njegov uticaj, jer je poznato da su plodovi veće mase skloniji manjoj čvrstini ploda i njenom većem gubitku u toku čuvanja (Nava et al., 2008). Primena 1-MCP tretmana nije dala očekivane rezultate nakon 15 dana čuvanja. Kod sorti Buda (59%) i Novosadska

rodna (51%) kod plodova iz kontrole tretiranih 1-MCP-om izmeren je najveći gubitak čvrstine ploda. Kombinacija tretmana CaNO₃ 3 × i 1-MCP uticala je na veći gubitak čvrstine ploda u odnosu na ostale tretmane kod sorti Novosadska kasnogvetna (66%) i NS-4 (68%). Razlog tome mogu biti mehanička oštećenja nastala prilikom manipulacije plodovima kajsije tretiranih 1-MCP-om. Crouch (2003) navodi da efekat 1-MCP može da zavisi od vrste i sorte voćaka. Pojedine voćne vrste proizvode veću količinu etilena, pa su im za inhibiciju etilena potrebne veće koncentracije 1-MCP, (Watkins et al., 2000).



Slike 1. i 2. Gubitak čvrstine ploda (%) sorti Buda i Novosadska kasnogvetna tokom skladištenja (prosek 2016-2017)

Figures 1. and 2. Fruit firmness loss (%) for cultivars Buda and Novosadska kasnogvetna during storage (average 2016-2017).



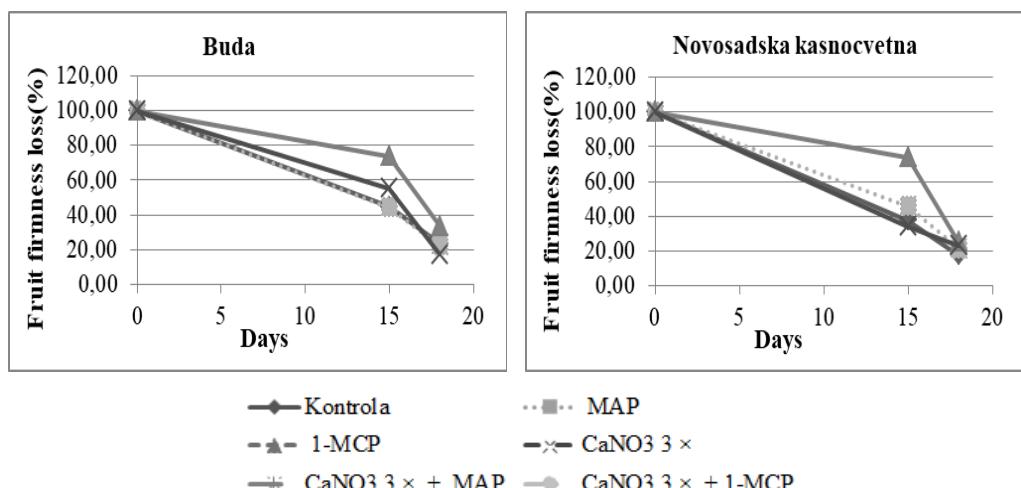
Slike 3. i 4. Gubitak čvrstine ploda (%) sorti Novosadska rodna i NS-4 tokom skladištenja (prosek 2016-2017)

Figures 3. and 4. Fruit firmness loss (%) for cultivars Novosadska rodna and NS-4 during storage (average 2016-2017).

Nakon završenog čuvanja na sobnoj temperaturi (15+3 dana) gubitak čvrstine ploda bio je uslovljen sortom. Kod sorte Novosadska kasnogvetna i Novosadska rodna najmanji gubitak zabeležen je kod plodova čuvanih u MAP-om (74% i 75%), kod sorte NS-4 u varijanti sa 1-MCP-om bez primene kalcijuma (77%), a kod sorte Buda to je postignuto kombinacijom tretmana CaNO_3 3 × i MAP (66%). Na osnovu prikazanih rezultata uviđamo da uticaj pojedinih tretmana dosta zavisi od sorte. Naši rezultati potvrđuju prethodne navode da efekat tretmana zavisi od sorte (Palou & Crisosto, 2003), faze zrelosti (Able et al., 2002; Baritelle et al. 2001; Blankenship & Dole, 2003), kao i sastava biljnog tkiva (Dauny et al., 2003). Kod sorte Novosadska kasnogvetna i Novosadska rodna najveći gubitak zabeležen je kod plodova iz kontrole. Kombinacija CaNO_3 3 × i 1-MCP nije ispoljila pozitivno dejstvo na čvrstinu ploda kod sorte Buda i NS-4. Kod sorte Buda, kod plodova u ovoj kombinaciji tretmana zabeležen je veći intenzitet disanja i veća masa ploda u odnosu na plodove iz kontrole, što može opravdati odstupanje ovih tretmana.

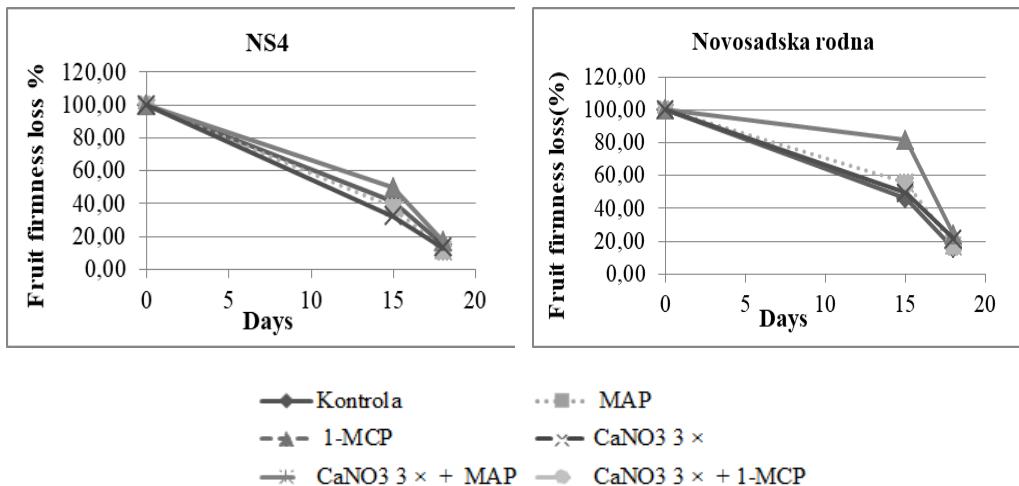
Osetljivost pokožice ploda, koja predstavlja sortnu osobinu, intezitet respiracije i produkcija etilena, kombinacija tretmana i uslovi čuvanja mogu biti razlog da primena inhibitora etilena ne uslovjava uvek manji gubitak čvrstine.

Ako bi posmatrali rezultate kontrole i plodove tretirane pre i nakon berbe možemo uvideti da je kombinacija CaNO_3 3 × i MAP najviše redukovala gubitak čvrstine ploda kod svih ispitivanih sorti tokom celokupnog čuvanja. Ako bi posmatrali samo kontrole kod svih ispitivanih sorti, najmanji gubitak čvrstine ploda nakon 18 dana čuvanja zabeležen je kod sorte Buda (Slike 5, 6, 7 i 8).



Slike 5. i 6. Gubitak čvrstine ploda (%) sorte Buda i novosadska kasnogvetna tokom skladištenja (prosek 2016-2017)

Figures 5. and 6. Fruit firmness loss (%) for cultivar Buda and Novosadska kasnogvetna during storage (average 2016-2017).



Slike 7. i 8. Gubitak čvrstine ploda (%) sorti Novosadska rodna i NS-4 tokom skladištenja (prosek 2016-2017)

Figures 7. and 8. Fruit firmness loss (%) for cultivar Novosadska rodna and NS-4 during storage (average 2016-2017).

Zaključak

Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da je primena MAP tretmana uslovila mnogo manji gubitak čvrstine ploda u odnosu na 1-MCP tretman tokom svih dana skladištenja. Primenom CaNO_3 3 × i MAP tretmana postignut je manji gubitak čvrstine ploda u odnosu na plodove iz kontrole kod svih ispitivanih sorti. Kombinacijom CaNO_3 3 × i 1-MCP tretmana smanjen je gubitak čvrstine ploda u odnosu na plodove iz kontrole kod svih ispitivanih sorti izuzev kod sorte Buda. Folijarna primena kalcijuma bez primene tretmana nakon berbe opravdana je samo kod sorti Novosadska kasnocrvena i Novosadska rodna, pa tako za potrebe skladištenja pored izbora tretmana treba obratiti pažnju i na izbor sorte.

Zahvalnica

Istraživanje predstavljeno u ovom radu je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS, na osnovu ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada u 2022.godini, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, broj 451-03-68/2022-14/200117.

Literatura

- Abdrabboh, A. G. 2012. Effect of some preharvest treatments on quality of Canino apricot fruits under cold storage conditions. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 4, 2, 227-234.

- Able, A.J., Wong, L.S., Prasad, A., O'Hare, T.J. 2002. 1-MCP is more effective on a floral brassica (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) than a leafy brassica (*Brassica rapa* var. *chinensis*). Postharvest Biology and Technology, 26, 147-155.
- Argenta, L., Fan, X., Mattheis, J.P. 2003. Influence of 1-methylcyclopropene on Ripening, Storage Life, and Volatile Production by d'Anjou cv. Pear Fruit. Journal of Agricultural and Food chemistry, 51, 3858-3864.
- Baritelle, A.L., Hyde, G.M., Fellman, J.K., Varith, J. 2001. Using 1-MCP to inhibit the influence of ripening on impact properties of pear and apple tissue. Postharvest Biology and Technology, 23, 153-160.
- Blankenship, S.M., Dole, J.M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. Postharvest Biology and Technology, 28, 1-25.
- Cao, J.K., Zhao, Y. M., Wang, M., Lü, H. Y., Jiang, W. B. 2009. Effects of 1-methylcyclopropene on apricot fruit quality, decay, and on physiological and biochemical metabolism during shelf-life following long-term cold storage. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 84, 6, 672-676.
- Crisosto, C.H., Day, K.R., Johnson, R.S., Garner, D. 2000. Influence of In-Season Foliar Calcium Sprays on Fruit Quality and Surface Discoloration Incidence of Peaches and Nectarines. Journal of the American Pomological Society, 54, 3, 118-122.
- Crouch, I. 2003. 1-Methylcyclopropene (SmartFreshTM) as an Alternative to Modified Atmosphere and Controlled Atmosphere Storage of Apples and Pears. Acta Horticulturae, 600, 433-440.
- Dauny, P.T., Joyce, D.C., Gamby, C. 2003. 1-methylcyclopropene influx and efflux in 'Cox' apple and 'Hass' avocado fruit. Postharvest Biology and Technology, 29, 101-105.
- Dong, L., Lurie, S., Zhou, H.W. (2002). Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. Postharvest Biology and Technology, 24, 135-145.
- Fan, X., Argenta, L., Mattheis, J.P. 2000. Inhibition of ethylene action by 1 methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. Postharvest Biology and Technology, 20, 135-142.
- Fagundes, C., Moraes, K., Pérez-Gago, M.B., Palou, L., Maraschin, M., Monteiro, A.R. 2015. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. Postharvest Biology and Technology, 109, 73-81.
- Gerasopoulos, D., Drogoudi, P.D. 2005. Summer- pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 36, 303-308.
- Kastori, R. 1998. Fiziologija biljaka. Feljton, Novi Sad.
- Liu, H., Jiang, W., Zhou, L., Wang, B., Luo, Y. 2005. The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance. International Journal of Food Science and Technology, 40, 1-7.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G., Tzavella-Klonari, K. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). Scientia Horticulturae, 107, 43-50.
- Marcelle, R.D., Porreye, W., Deckers, T., Simon, P., Goffings, G., Herregods, M. 1989. Relationship between fruit mineral composition and storage life of apples cv. 'Jonagold'. Acta Horticulturae, 258, 373-378.

- Mohsen, A.T. 2011. Performance of Peach and Apricot Fruits at Cold Storage and Shelf Life as Affected by Modified Atmosphere Packing. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 10, 5, 178-727.
- Nava, G., Dechen, A.R., Nachtigall, G.R. 2008. Nitrogen and Potassium Fertilization Affect Apple Fruit Quality in Southern Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 96–107.
- Palou, L., Crisosto, C.H. 2003. Postharvest Treatments to Reduce the Harmful Effects of Ethylene on Apricots. *Acta Horticulturae*, 599, 31-38.
- Poovaiah, B.W. 1979. Role of calcium in ripening and senescence. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 10, 1-2, 83-88.
- Schlimgen, D.V., Rooney, M. 1994. Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In: Wiley, R.S., Yildiz, F. (Eds.). *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. New York, Chapman & Hall, pp. 135–182.
- Sisler, E.C., Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum*, 100, 577–82.
- Sisler, E.C. 2006. The discovery and development of compounds counteracting ethylene at the receptor level. *Biotechnology Advanced*, 24, 357-367.
- Tzoutzoukou, C.G., Bouranis, D.L. 1997. Effect of Preharvest Application of Calcium on the Postharvest physiology of Apricot Fruit. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 295-309.
- Watkins, C.B., Nock, J.F., Whitaker, B.D. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 17-32.

CHANGE OF APRICOT FRUIT FIRMNESS DURING STORAGE IN ADDITION OF PRE- AND POST-HARVEST TREATMENTS

Maja Milović¹, Nenad Magazin¹, Žarko Kevrešan², Zoran Keserović¹, Jasna Mastilović³, Biserka Milić¹, Jelena Kalajdžić¹, Gordana Popara¹, Renata Kovač², Bajić Aleksandra², Jovica Gošić¹

¹University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Sq Dositeja Obradovića 8, Novi Sad

²University of Novi Sad, Institute of Food Technology, Bulevar Cara Lazara 1, Novi Sad

³BioSense Institute, Dr Zorana Dindića 1, Novi Sad

E-mail: maja.miodragovic@polj.uns.ac.rs

Summary

Fruit firmness is one of the very important characteristics which, beside to physiological diseases, directly affects the ability of fruit storage. The objective of this research was to preserve the quality of apricot fruits and enable a longer storage period with an appropriate combination of pre- and post-harvest treatments. The paper presents the results of apricot fruit firmness loss during storage depending on the application of calcium foliar treatments (Wuxal®Calcium - source of calcium nitrate, CaNO₃) before harvest in combination with postharvest treatments: MAP (modified atmosphere packaging) and 1 – methylcyclopropene (1-MCP-SmartFresh™). The experiment was conducted during 2016 and 2017, including four apricot cultivars – ‘Buda’, ‘Novosadska Kasnogvetna’, ‘Novosadska Rodna’ and ‘NS-4’. CaNO₃ was used for foliar treatments in a concentration of 0.1% active substance, in three repetitions (CaNO₃ 3 ×) in phases of fruit diameter 11 mm, 21 mm and 30 mm. The day after harvest, MAP and 1-MCP treatments were applied to a sample of chilled fruits (I_{AD} index 0.4-0.8). The fruit firmness was measured after harvest (0 day), after 15 days of storage in normal atmosphere (0 ± 1 °C, relative humidity $90 \pm 5\%$), and after 3 days of shelf life at room temperature (20 °C). The use of combination CaNO₃ 3 × and MAP resulted in a reduction in fruit firmness loss after 15 days of storage for all cultivars except for cultivar ‘NS-4’. For this cultivar, fruits treated with MAP had the least loss of firmness after 15 days (36%). The least loss of firmness after 15+3 days of storage was found in fruits treated with MAP for cultivars ‘Novosadska kasnogvetna’ and ‘Novosadska rodna’ (74% and 75%), in combination CaNO₃ 3 × for cultivar ‘Buda’ (66%), and in 1-MCP treatment without calcium for cultivar ‘NS-4’ (77%).

Key words: calcium, 1-MCP, MAP, fruit quality.

EDIBLE COATINGS AND MANDARIN FRUIT QUALITY

Goran Fruk¹, Slaven Jurić², Marija Sigurnjak Bureš², Kristina Vlahoviček-Kahlina², Katarina Sopko Stracenski², Ana Marija Antolković¹, Nenad Jalšenjak², Kruno Marić³, Luna Maslov Bandić²

¹ University of Zagreb Faculty of Agriculture, Division of Horticulture and Landscape Architecture, Department of Pomology, Svetosimunska cesta 25, Zagreb 10000, Croatia

² University of Zagreb Faculty of Agriculture, Division of Agroecology, Department of Chemistry, Svetosimunska cesta 25, Zagreb 10000, Croatia

³ University of Zagreb Faculty of Agriculture, graduate student (MS Horticulture – Pomology), Svetosimunska cesta 25, Zagreb 10000, Croatia

E-mail: gfruk@agr.hr

Abstract. Fruit postharvest losses are huge problem in fruit production and postharvest manipulation. One of methods for reducing postharvest losses in recent years is postharvest application of edible coatings. Use of single layered coatings; hydroxypropyl methylcellulose (HPMC; 0.5% and 1%), gum arabica (1% and 2%), sodium alginate (Na-Al; 1.5%) and bilayered coating sodium alginate in combination with calcium chloride (2% CaCl₂ and Na-Al 1.5%) were investigated as single layer coating on mandarin fruits quality for 10 days of storage at room temperature, simulating shelf life. After 10 days at room temperature, higher weight loss than control (12.64%) was noticed in fruits coated with 2% CaCl₂+Na-Al 1.5%, and 1% gum arabica (13.26%), while HPMC (0.5% and 1%) fruits had lower than control (10.68% and 11.44%, respectively). Slight increase during shelf life in soluble solid content (10.33% at harvest) was noted in control fruits (10.7%) and fruits coated with 1% gum arabica (10.8%) and 2% CaCl₂ + Na-Al 1.5% (10.5%), while fruits coated with HPMC 0.5%, and 1% had higher values (11.8% and 11.1%, respectively). Only fruits coated with Na-Al had lower soluble solid content (10%) than in harvest. Titratable acidity after 10 days of shelf life was the highest in control fruits, while all coated fruits had lower titratable acidity than control fruits. These preliminary results showed that use of investigated coatings may have potential, especially in reducing fruit weight loss, but needs to be further studied to find optimal coating for fruit quality preservation.

Keywords: postharvest, fruit quality, storage, shelf life.

Introduction

One of the most important fruit production in Croatia is mandarin fruit production. Annual production in Croatia is 40 to 50 thousand tonnes (FAOSTAT, 2022) and is the most important fruit export commodity. FAOSTAT aggregated data (mandarins and oranges) shows relatively high self-sufficiency in Croatia (60-80%).

As in Croatia there is no orange plantation and 99,9 % percent of market oranges are from import, it is indicative, according to this data, that Croatia is self-sufficient in mandarins. Besides in Croatia, mandarins are very popular citrus fruit in the world with increasing demand and consumption. Fruit quality depends not only on pre-harvest factors (production technology, environmental conditions, agro- and pomo-technical operations...), but also on post-harvest operations (handling, storage, transport, pests control...). Gustavsson et al. (2011) estimated quantitative 56% of fruit and vegetables losses in Europe (including Russia) of which in postharvest chain (from harvest to consuming) losses are 36%. Postharvest losses in mandarins are mostly caused by physiological deterioration and pathological fungi. For this reason mandarin fruits are stored at low temperatures. Some earlier information were that mandarins can be stored for 2 months at temperatures 0-4 °C (Davies and Albrigo, 1994). Later studies determined that mandarins stored at temperatures lower than 7-10 °C can show chilling injuries (CI) (Wills et al., 1998). Although in past in Croatia were conducted several studies of using postharvest heat treatments prior to low temperature storages (Jemrić and Pavičić, 2004; Jemrić et al., 2003; Jemrić et al., 2012), this treatments are still not used to reduce CI and prolong low temperature storages of mandarin fruit in Croatia. Besides low temperature storage, usual treatment for reducing these losses in Croatia is postharvest fungicide treatment with *imazalil* and waxes. Postharvest use of *imazalil* is only fungicide treatment allowed for postharvest use in fruits in Croatia. Postharvest fungicide treatment is necessary compromise to preserve mandarin fruit during storage and transport. There is global trend in reducing usage of agrochemicals in food production and also fruit peel treated with fungicides is not edible. Therefore, fruit waxing has role to reduce moisture losses thus reducing weight losses and at the same time improves fruit appearance. Usually used waxes in mandarin productions are water soluble natural carnauba and synthetic based waxes or soluble-based synthetic waxes (Davies and Albrigo, 1994). Use of edible coatings in mandarin and other citrus fruit are in focus of numerous studies in last years. The aim of this preliminary study is to investigate effect of five single layered coatings (hydroxypropyl methylcellulose - HPMC; 0.5% and 1%), gum arabica (1% and 2%), sodium alginate (Na-Al; 1.5%) and one bilayered coating (sodium alginate in combination with calcium chloride; 2% CaCl₂ and Na-Al 1.5%) on mandarin fruit quality.

Materials and Methods

Plant material

Mandarin fruit ‘Kawano Wase’ were harvested in optimal maturity stage from orchard in Neretva River valley at the South of Croatia. Total of 210 fruit were harvested from 10 randomly chosen trees. All harvested fruit were mixed and 30 fruit

were randomly taken into analysis for harvest fruit quality, while rest of 180 fruit were divided in 6 equal groups for 6 treatments.

Treatments

Fruit were divided in 6 groups: control fruit (uncoated fruit) and coated fruit (each group with one of 5 different coatings). Fruits were coated with four different single layered coatings: hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) 0.5%, HPMC 1%, gum arabica 1% (1% arabic), gum arabica 2% (2% arabic), sodium alginate (Na-Al) 1.5% and one bi-layered coating: sodium alginate in combination with calcium chloride (2% CaCl₂ + Na-Al 1.5%).

After harvest, fruit were washed in tap water and left to dry in the air. Then, the fruits were coated by immersion in solution of prepared coating and left to dry in the air. After coating, fruit were stored at room temperature (22 °C) for 10 days, simulating shelf life.

Fruit quality parameters

Standard fruit quality parameters were analysed: weight, weight loss, peel colour, soluble solids content (SSC) and titrable acids (TA).

Weight and colour analysis were performed every two days for all fruits. Destructive analysis (SSC and TA) were performed every three days (3, 6 and 9 days of shelf life) on six fruit per treatment as aggregated sample.

Weight was measured with scale (OHAUS Adventurer AX2202; Ohaus Corporation, USA) and expressed in grams with two decimals. Weight loss (expressed as percentage - %) was calculated for each fruit individually by formula:

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{m_i - m_s}{m_i} \times 100$$

where is:

m_s – fruit weight after shelf life

m_i – initial fruit weight (at harvest)

Peel colour was measured with ColorTec-PCM Plus 30 mm Benchtop Colorimeter (ColorTec Associates, Inc., USA) in CIE L*a*b* colour spaces. Total colour difference was calculated in comparison with control fruit according to (Rhim et al., 1999) by formula:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Soluble solids content was measured in mandarin fruit juice with Atago Pal-1 (Atago Co., Ltd., Japan) digital refractometer and expressed as percentage (%).

Titrable acids were measured in 5 ml of fruit juice with addition of bromothymol blue indicator and 0,1 N NaOH, according to AOAC 954.07 (AOAC, 1999) and results are expressed as percentage (%) of citric acid.

Statistical analysis

This study was preliminary and number of fruit in sample was limited. Thus, no statistical analysis of obtained results was performed at this stage.

Results and Discussion

Average fruit weight across the treatments during shelf life (including initial weight) is shown in Figure 1. Differences of initial fruit weight (in harvest) vary among the treatments from 91.32 g (2% CaCl₂ + 1.5 % Na-Al) to 105.61 g (1.5% Na-Al). These variations of initial fruit weight are most probably caused by randomly selected fruit for the treatments without any calibration before the experiment. It is notable that average fruit weight differs among the treatments from harvest to the end of shelf life. Figure 1 shows similar trend of fruit weight decrease among all the treatments during whole shelf life. That trend in fruit weight decrease is confirmed in Figure 2 which shows weight loss among the treatments during whole shelf life period. At day 2 of shelf life, all the treatments (including control fruit) had weight loss in range from 2.6 to 3.0%, while in other days some of the treatments shows slight differences. At day 4, control fruit and fruit coated with gum arabica (1% and 2%) had 0.5 to 1% higher (6.23, 5.98 and 6.28%, respectively) weight loss than rest of the treatments, which had weight loss in range 5.28% to 5.49 %. These data suggest that coatings didn't make any difference in fruit weight preservation during shelf life in comparison to control (uncoated) fruit.

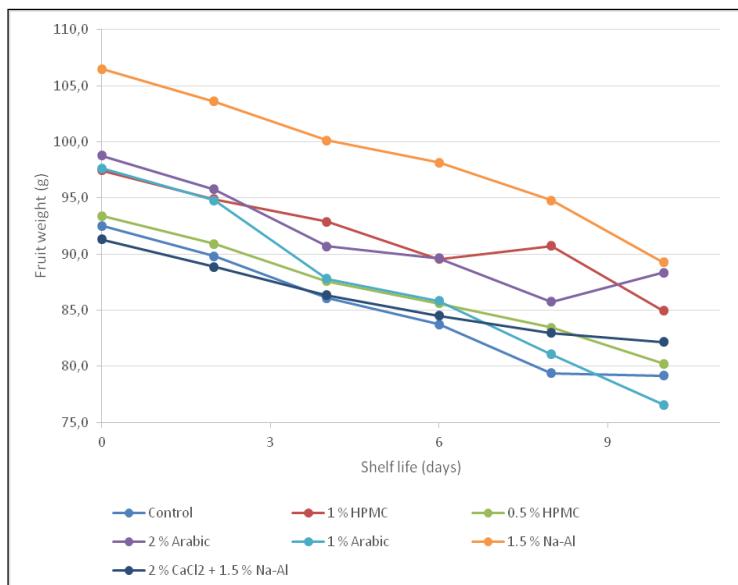


Figure 1. Fruit weight (g) during 10 days of shelf life

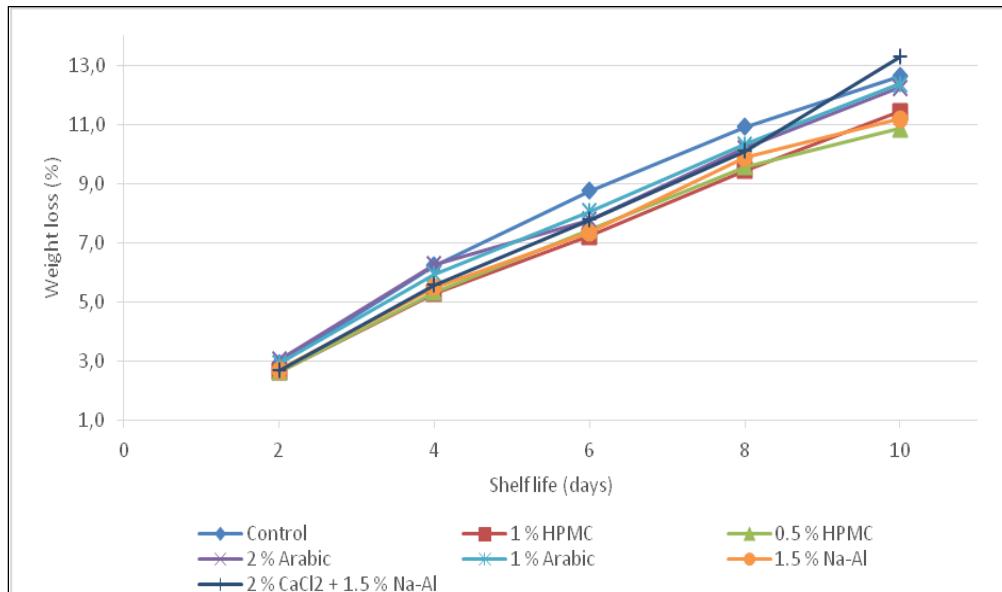


Figure 2. Weight loss (%) during 10 days of shelf life

Total colour difference (TDC) was calculated in comparison with control fruit for each treatment and data are shown in Figure 3. Aim of this comparison was to determine how different coating changes fruit colour appearance. As it is shown in Figure 3, in the first 2 measurements (0 and 2 days of shelf life) differences among the treatments were consistent and varied from 7.14 (1.5 Na-Al) to 8.70 (2% arabic). From day 4 to day 8, there was certain inconsistency in TDC among the treatments. Day 4 of shelf-life from 4.40 (2% CaCl₂+NaAl) to 7.48 (0.5 HPMC), at day 6 of shelf-life from 6.07 (2% arabic) to 10.07 (1.5 Na-Al) and day 8 of shelf-life from 4.76 (Na-Al) to 8.45 (2% CaCl₂+NaAl). At days 6, 8 and 10 of shelf life fruit coated with 1% HPMC extremely the highest difference 15.64, 15.82 and 9.74, respectively. At day 10 of shelf life, all the treatments (except 1% HPMC) had TDC in range from 5.30 (2% arabic) to 6.50 (1.5 Na-Al).

Choi et al. (2002) cited Francis and Clydesdate (1975) who stated that a TCD > 2 corresponds to noticeable differences in the visual perception of many products. While Adekunte et al. (2010) made more precise classification of TDC and describes differences in perceivable colour as very distinct (TCD > 3), distinct (1.5 < TCD < 3) and small difference (TCD < 1.5). According to this, all the treatments showed noticeable differences in the visual perception and all differences in TCD were very distinct. Nevertheless, it is obvious that 1% HPMC coating makes high difference in visual perception and it is needs to be further investigated if this is positive or negative difference from consumer point of view.

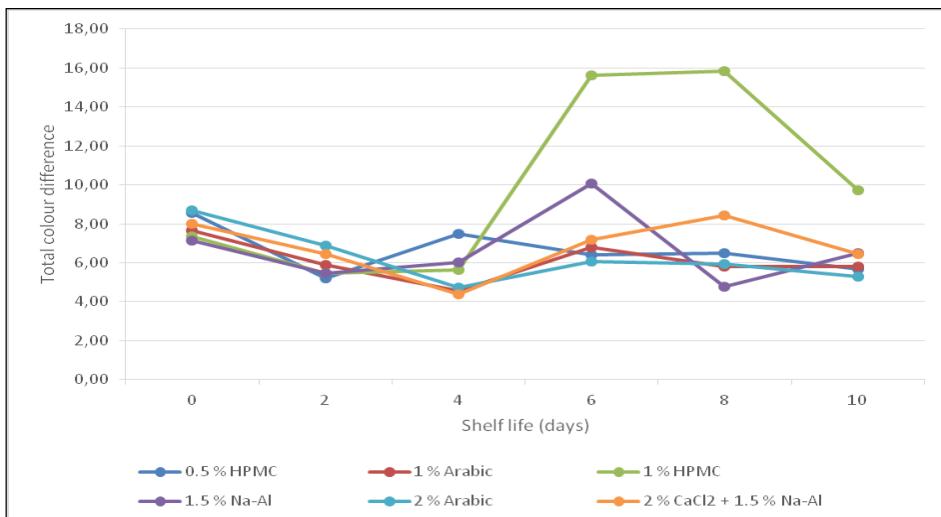


Figure 3. Total colour difference of coated fruit compared to control fruit during 10 days of shelf life

Soluble solids content and titratable acids were measured as aggregated sample of six fruit per treatment every 3 days of shelf life with distinction that at harvest (day 0) measurements were conducted on 30 fruits. In Figure 4 are shown data of soluble solids content. At day 3 of shelf life, control fruit and fruit coated with 2% CaCl₂ + 1.5 % Na-Al had lower SSC than in harvest. It is well known that SSC increases during storage (cold room or shelf life), so this unexpected finding could be caused by sample size (small sample of only six fruit which probably had lower SSC at day 0). This is cannot be confirmed we performed destructive measurement of SSC. Also by looking data of SSC at day 6 and day 9 for control fruit and 2 % CaCl₂ + 1.5 % Na-Al it is noticeable that these two groups of fruit had similar results of SSC analysis and is separated from other treatments. Other treatments (0.5 % HPMC, 1% HPMC, 1% arabic and 2% arabic) had similar SSC content and higher than at day 0. At day 6 of shelf life, it is noticed that fruits coated with 1.5% Na-Al and 1% HPMC had increase of 0.7 and 1% of SSC in comparison with day 3, while fruits coated with 1% arabic, 0.5% HPMC and 2% arabic had no increase or slight increase 0.1 and 0.3%, respectively. In day 9 of shelf life, SSC content showed that control fruit and fruits coated with 1% arabic, 2% arabic and 2% CaCl₂ + 1.5 % Na-Al had similar results and consistent trend from day 0 of shelf life, while 0.5% HPMC, 1% HPMC and 1.5% Na-Al had various big changes in SSC. These results show that 0.5% HPMC, 1% HPMC and 1.5% Na-Al are not suitable and reliable coatings regarding SSC preservation for more than 3 days, while 1% arabic, 2% arabic and 2% CaCl₂ + 1.5% Na-Al had similar results as control fruits. As these later coatings

had consistent trend of SSC change during shelf life, that trend was pretty similar to control (uncoated fruits) investigated coatings haven't shown useful.

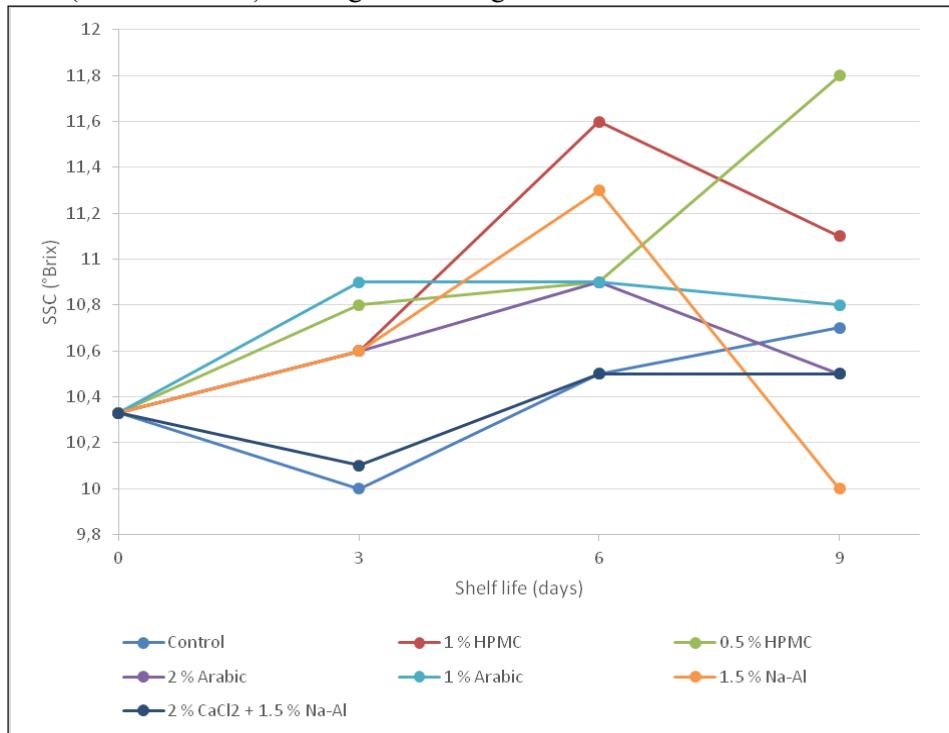


Figure 4. Soluble solids content in mandarin fruits during 9 days of shelf life

Results of titrable acidity (expressed as citric acid) analyses are shown in Figure 5. After 3 days of shelf life, no big differences among the treatments were noticed. The highest TA had fruits coated with 1% HPMC (13.42 g/L), which was higher than at day 0. The lowest TA at day 3 had fruits coated with 0.5% HPMC (11.98 g/L) and 1.5% Na-Al (12.05 g/L). Range of 1.44 g/L between the lowest and the highest value is 0.144% of TA. So, it seems that at day 3 of shelf life there was no big difference in TA among the treatments. Unlike results at day 3, results at day 6 and 9 showed differences in TA among the treatments. At day 6, the highest TA had fruits coated with 0.5% HPMC (12.66 g/L) and 2% arabic (13.78 g/L). The lowest TA had fruits coated with 1.5% Na-Al (9.88 g/L), while fruits coated with 1% HPMC, 2% CaCl₂ + 1.5% Na-Al and 1% arabic (10.62, 11.09 and 11.42 g/L, respectively) had similar values to control fruits (10.62 g/L). At day 9, the highest TA had control fruits (13.9 g/L) and the lowest had fruits coated with 0.5% HPMC (9.91 g/L). Fruits coated with 1.5% Na-Al and 1% arabic had 11.30 g/L, while fruits coated with 1% HPMC and 2% CaCl₂ + 1.5 % Na-Al contained 12.4 g/L of TA.

After 9 days of shelf life neither coating had shown desired results in preservation of TA.

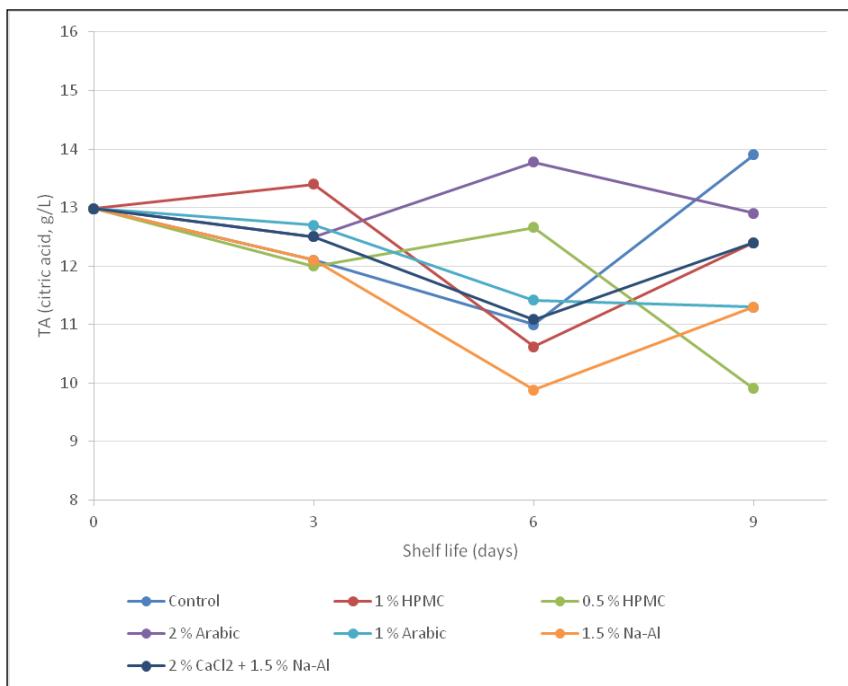


Figure 5. Titrable acids (expressed as citric acid) in mandarin fruits during 9 days of shelf life

Conclusion

Investigated coatings haven't showed positive effect on fruit weight, SSC and TA preservation. The most important citrus fruit quality parameters are SSC and TA. In this preliminary study all investigated coatings caused very distinct difference in fruit colour.

As this was preliminary study, coatings investigated in this study should be further investigated on bigger sample (number of fruits), especially for SSC and TA. Also, in further study should be included consumer evaluation of fruit colour to determine whether this noticed coating effect on fruit colour was positive or negative in consumer's acceptance.

Acknowledgment

The authors would like to acknowledge the financial support of the Croatian Science Foundation through a project entitled *Mandarins from Neretva valley* -

Chemical characterization and Innovative postharvest TREATments (CITREA) (UIP-2020-02-7496).

References

- Adekunte, AO, Tiwari, BK, Cullen, PJ, Scannell, AGM and O'Donnell, CP (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chem* 122 (3), 500-507.
- AOAC (1999). "Official methods of analysis of AOAC International," 16th Ed., 5th Revision/Ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Choi, MH, Kim, GH and Lee, HS (2002). Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Res Int* 35 (8), 753-759.
- Davies, FS and Albrigo, LG (1994). "Citrus," CAB International, Wallingford, UK.
- FAOSTAT (2022), <https://www.fao.org/faostat/en/>
- Francis, FJ and Clydesdate, FM (1975). "Food colorimetry: theory and applications.," AVI Publishing Co., Inc., Westport.
- Gustavsson, J, Cederberg, C, Sonesson, U, Otterdijk, Rv and Meybeck, A (2011). "Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention," Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Jemrić, T and Pavičić, N (2004). Postharvest treatments of Satsuma mandarin (*Citrus Unshiu* Marc.) for the improvement of storage life and quality. In "Production Practices and Quality Assessment of Food Crops" (Dris, R. and Jain, S., eds.), pp. 213-227. Springer Netherlands.
- Jemrić, T, Pavičić, N and Blašković, D (2003). The effect of heat treatments on quality and chilling injury of 'Satsuma' mandarin after long-term storage at lower temperature. *Acta Hort* 628, 563-568.
- Jemrić, T, Romić, M, Romić, D, Ondrašek, G, Fruk, G and Zovko, M (2012). Fruit quality of Satsuma mandarin in Croatia – problems and perspectives. *Contemp. Agr.* 61 (special), 230-236.
- Rhim, JW, Wu, Y, Weller, CL and Schnepf, M (1999). Physical characteristics of a composite film of soy protein isolate and propylene glycol alginate. *J Food Sci* 64 (1), 149-152.
- Wills, RBH, McGlasson, B, Graham, D and Joyce, D (1998). "Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals," CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

JESTIVI FILMOVI I KVALITET PLODOVA MANDARINE

Goran Fruk¹, Slaven Jurić², Marija Sigurnjak Bureš², Kristina Vlahoviček-Kahlina², Katarina Sopko Stracenski², Ana Marija Antolković¹, Nenad Jalšenjak², Kruno Marić³, Luna Maslov Bandić²

¹ Univerzitet u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Odsek za hortikulturu i pejzažnu arhitekturu, Departman za pomologiju, Svetosimunska cesta 25, Zagreb 10000, Hrvatska

² Univerzitet u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Odsek za agroekologiju, Departman za hemiju, Svetosimunska cesta 25, Zagreb 10000, Hrvatska

³ Univerzitet u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, diplomirani student (MS Hortikulture – Pomologija), Svetosimunska cesta 25, Zagreb 10000, Hrvatska
E-mail: gfruk@agr.hr

Sažetak

Gubici plodova predstavljaju veliki problem u proizvodnji i manipulaciji voćem posle berbe. U novije vreme, jedna od metoda za smanjenje gubitaka plodova je primena jestivih filmova posle berbe. U ovom radu je ispitivan uticaj jednoslojnih filmova; hydroxypropyl methylcellulose (HPMC; 0,5% i 1%), gum arabica emulgatora (1% i 2%) i natrijum alginata (Na-Al; 1,5%), i dvoslojnog filma od natrijum alginata u kombinaciji sa kalcijum hloridom (2% CaCl₂ i Na-Al 1,5%) na kvalitet plodova mandarine tokom 10 dana čuvanja na sobnoj temperaturi simulirajući uslove skladišta. Posle 10 dana čuvanja na sobnoj temperaturi, zapažen je veći gubitak u težini kod plodova tretiranih sa 2% CaCl₂+Na-Al 1,5%, i 1% gum arabica emulgatorom (13,26%) u poređenju sa kontrolom (12,64%), dok su plodovi tretirani sa HPMC (0,5% i 1%) imali manji gubitak u težini ploda nego kontrolni plodovi (10,68% i 11,44%, po redosledu pominjanja). Neznatno povećanje sadržaja rastvorljive suve materije u odnosu na sadržaj u momentu berbe (10,33%) zapaženo je tokom skladištenja kod kontrolnih plodova (10,7%) i plodova tretiranih sa 1% gum arabica emulgatorom (10,8%) i 2% CaCl₂ + Na-Al 1,5% (10,5%), dok su plodovi tretirani sa HPMC (0,5%, i 1%) imali više vrednosti (11,8% i 11,1%, po redosledu pominjanja). Samo plodovi sa Na-Al filmom su imali niži sadržaj rastvorljive suve materije (10%) nego u momentu berbe. Titraciona kiselost je bila najveća u kontrolnim plodovima posle 10 dana čuvanja, dok su svi tretirani plodovi sa filmovima imali nižu titracionu kiselost u poređenju sa kontrolnim plodovima. Ova preliminarna istraživanja su pokazala da korišćenje ispitivanih filmova može imati potencijal, posebno u smanjenju gubitaka u težini ploda, ali postoji potreba za daljim istraživanjima sa ciljem pronalaženja optimalnog filma za očuvanje kvaliteta ploda mandarine.

Ključne reči: posle berbe, kvalitet ploda, čuvanje, trajanost.

UNIVERZITET U
BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI
FAKULTET



KATEDRA ZA
VOĆARSTVO

VIII SAVETOVANJE
INOVACIJE U VOĆARSTVU

SAVREMENE MERE ZA
UNAPREDENJE ČUVANJA
VOĆA

Beograd 02.02.2023.

PRIJATELJI SAVETOVANJA



SmartFresh™ ProTabs

Kvalitet iz berbe očuvan do krajnjeg potrošača

SmartFresh™ tehnologija podiže mogućnosti vaših skladišnih kapaciteta na jedan viši nivo, pri čemu vam omogućava da lakše odgovorite na sve veća očekivanja vaših kupaca na najudaljenijim tržištima, kao i na lokalnom takođe.

AgroFresh

100% Owner Operated®

AgroFresh.com



Uvoznik/distributer:

HSH Chemie d.o.o.
Milutina Milankovića 1c
RS-11070 Belgrade | Srbija

Branko Stanojković:
Mob.: +381 69 4452 348
Tel.: +381 011 22 87 560
branko.stanojkovic@hsh-chemie.com



Stručna Služba:

Glory Fruit Dream Consult d.o.o.
Kolubarska 13
15353 Majur - Šabac

Služba Šestic:
Mob: +381 63 410 577
slusisa@gloryfruit.rs

© 2002 AgroFresh, sva prava su zadržana. SmartFresh je registrovani i zaštićeni znak AgroFresh.

www.hemijekaproreda.com

www.huminkotakdeolina.com

www.mikroelementi.com

www.biotregulatori.com

www.biotimulatori.com



 + Fe EDDHA 6% O-O
TALENT Cu EDTA 15%
 + Zn EDTA 15%
RESEARCH Mn EDTA 13%
 + Kalcijum
TECHNOLOGY Bor



Green Grow Group d.o.o.
Beograd, Srbija
065 2260 116



www.bioterje.com

all what you need



Gruža agrar

www.gruzagrar.rs

PROJEKTovanje i POSTAVLjANje KONSTRUKCIJA PROTIVGRADNE MREŽE NA DRVENIM I BETONSKIM STUBOVIMA U VOĆnjACIMA, ZASADIMA BOROVNICE, MALINE, KUPINE I POVRtnjACIMA. MAŠINSKA SADnJA VOĆnjAKA, VINOGRADA I RASADNIKA. PROIZVODNJA METALnih ELEMENTA ZA PROTIVGRADNE KONSTRUKCIJE I PODIZANje NOVih ZASADA, VOĆARSKE PLATFORME, VITLA ZA ŽICE I SAJLE, "KENGUR" TORBE ZA BERBU VOĆA, KOLICA ZA BERBU I TRANSPORT VOĆA, GROŽĐA I POVRĆA.



Mašinska sadnja voćnjaka,
vinograda i rasadnika



Mašinsko utiskivanje stubova



Konstrukcije na betonskim
i drvenim stubovima



Voćarska kolica "NOVI ĆIRI"



Iz našeg voćnjaka



"Kengur" torba za berbu voća i
kalibratori



Voćarska platforma "Gružanka"



Metalni i plastični elementi



Voćarska platforma "Šumadinka"

TODORović
inženjering

SZTR Gruža agrar
Balosava bb, 34230 Gruža, Srbija
Tel./Fax : +381 34 515 676
Tel. : +381 34 515 465
info@gruzagrar.rs





ATP IRRIGATION d.o.o.

REČEGRAD, Balcevo boderčija 172, www.atpdo.o.o.rs; E-mail: office@atpdo.o.o.rs
Tel/Fax: 011/26 666 62; 266 18 57; 63/80 37 132

SISTEMI KAP PO KAP

- ZA RAVNE I TERENE U NAGIBU,
- TRAKE ZA POVРСЕ I JAGODE,
- ĆVRSTA CREVA ZA VOЋE I SUBIRIGACIJU



SAMOČISTEĆI
PLUVIO
KAPLJAČ
NE ZAPUŠAVA-

- PC - Za terene u nagibu
- AS - Ne usisava čestice
- DS - Protiv iskapavanja

AUTOMATSKO NAVODNJAVANJE



HIDROPONSKO
NAVODNJAVANJE

PROTIVGRADNE MREŽE

ITALIJANSKE MREŽE „ARRIGONI“, 48 g/m², DEBLJINA NITI 0,32mm, OKCA 2,8x8,4mm, FABRIČKA GARANCIJA 10 GODINA!!!

ŽIVOTNI VEK MREŽE U PRAKSI PREKO 20 god.
NOVO: - ZA MALINU I KUPINU PARCIALNO
POKRIVANJE MREŽAMA ŠIR 1,5 i 2 m!



SVE ZA JAGODE! HOLANDSKE FRIGO SADNICE



MALINA VILAMET SVE ZA BOROVNICE



SERTIFIKOVANE SADNICE!!!

Proizvedene u Holandiji u
supstratu, kontejnerske
frigo sadnice Vilameta!

- Rezervišite na vreme! -

- Tehnologija sadnje
na banku i u sak-
sijama, po želji.
- VRHUNSKE BEZVI-
RUSNE HOLANDSKE
SADNICE.

- Projektov, plantaže sa
navodnjavanjem, sa
protigradnim mrežama, ...
- Praćenje proizvodnje,
- Pomoc kod cikupu!

FITOFERT

WWW.FITOFERT.COM



FERTICO D.O.O.

Vojvode Putnika 94a, 22320 Indija
tel: +381 22 802 802
e-mail: info@fitofert.com

PLAMENICI

UNIŠTAVA KOROV, DEZINFIKUJE ZEMLJIŠTE
ELIMINIŠE PROUZROKOVAČE BOLESTI I INSEKTE



PROIZVODNJA



PESTICIDIMA



ZA VOĆARSTVO



ZA POVRSTARSTVO



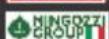
ZA RATARSTVO



ZA FARME



ATP IRRIGATION d.o.o. BEOGRAD, Bulevar oslobođenja 172



+381 11 26 61 857

+381 11 26 66 662

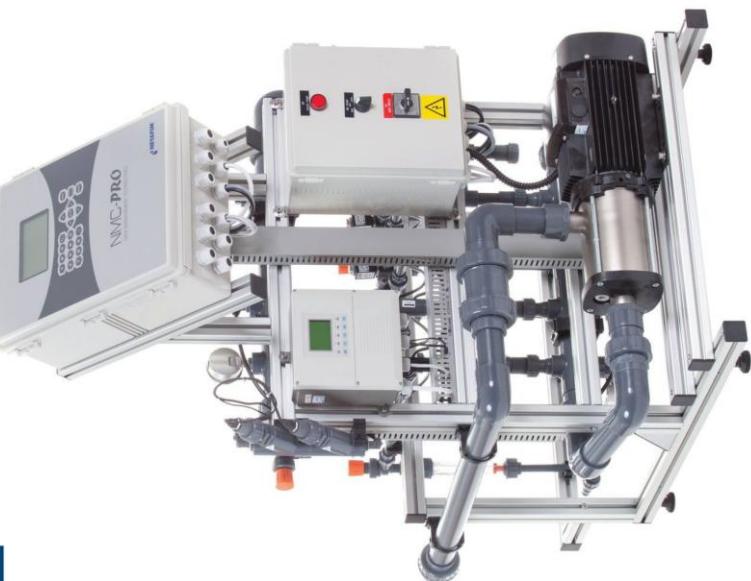
+381 63 80 37 132



WWW.ATPDOO.RS

OFFICE@ATPDOO.RS





Precizno navodnjavanje i prihrana

Avital
Agro

AUTOPUT ZA NOVI SAD 246B
11080 Beograd, Srbija
+381 (0)11 2625 630
www.avitalagro.com

U.M.P. FRAGOLA TRADE d.o.o.
Dr. Ivana Ribara 142, 11070 N. Beograd
tel: + 381 11 318 59 73,
mob: + 381 63 777 4670
e-mail: umpfragola@gmail.com

Jabuka

Sorte: Fuji, Gala, Grenny Smith, Red Delicious, Clom B,
Rainders, Florina, Red Chief
(M9 Pajam 1, M9 Pajam 2, M9 T337, M26, M106)

Breskva

Sorte: Max 7, Orion, Venus, Amiga, Caldesi 2000, Ambra,
Maria lucia, Maria bianca, Royal glory, Fayette, Royal pride
(GF677, Sejanac)

Trešnja

Sorte: Burlat, Ferrovia, Giorgia, Kordia, Lapins, Reginaa
(Colt, Gisela 5, Gisela 6, MAXMa)

Jagoda

Clery, Joly, Dely, GaliaCiv, Asia, Alba, Roxana, Pircinque,
Garda, Argentera, Deep Ruby, Rubino

Kruška

Sorte: Carmen, William, Abate Fetel, Conference, Butirra
hardy
(Cotogno BA 29, Cotogno EMC, Cotogno SYDO)

Aronia

Sorte: Nero

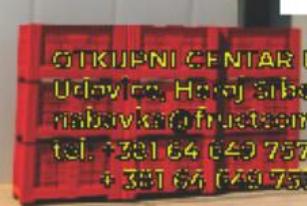




FRUCT COMPANY
fruct iz Srbije



FRUCT COMPANY DOO Udoviči
11332, Udoviči, Balkanska 6
office@fructcompany.com
predaj@fructcompany.com
tel.: +381 26 476 4487
+381 26 476 4444
www.fructcompany.com



OTKUPNI CENTAR Udoviči
Udoviči, Horj Šibe 27
nabavka@fructcompany.com
tel. +381 64 649 7571
+381 64 649 7537

CENTAR ZA DOMAĆINSTVO:
Smederevo, Kolarčki put 284G
apeteca@fructcompany.com
tel.: +381 64 649 7543
+381 26 476 4433





FLORIVA d.o.o.

Radljevo bb, Ivanjica, +381 32 640 000

www.floriva.com, floriva.ivanjica@gmail.com

KONTEJNERSKE SADNICE

MALINA

Enrosadira™
Wakefield™
Delniwa™
Primalba™
Halley™
Fertodl Zamatos
Willamette
Meeker



JAGODA

Clery™
Joly™
Alba™
Syria™
Senga sengana



Floriva



Floriva



DŽASMIN D.O.O.

BRAJKOVAC

Tel/ Fax: 037/875-193, 063/ 619 512
T.R. 250 - 3140001005030 - 75 EURO BANKA
PIB: 104321001 MAT. 20143274

Vl. Lukč Jasmina
Brajkovac, Ul. Klesarska 99
culelukic@gmail.com



aquaeco
SISTEMI ZA NAVODNJAVA



PROJEKTOVANJE I HIDROTEHNIČKI INŽENJERING U POLJOPRIVREDI





Rasadnik **OMEGA**

Obrenovački put 58, 11504 Bač

Rasadnik se bavi proizvodnjom i prodajom
sadnog materijala, a skoro svih voćnih vrsta
i sort, na različitim podlogama.

Sečni materijal je pod kontrolom stručnih službi
i ministarstva poljoprivrede.

Rasadnik odžava stvarnu saradnju sa katedrom
za voćarstvo i vinogradarstvo Poljoprivrednog fakulteta
u Zemunu. U saradnji su profesori i magistri
ispituju se nove sorte podlage i načini održavanje sadnica.

Telefoni:

011 / 870 11 48

064 / 420 77 28

069 / 570 11 48





OGLEDNO DOBRO POLJOPRIVREDNOG FAKULTETA

„RADMILOVAC“

Radmile Vukićević 3-5, 11 351 Vinča

Telefon/fax: +381 11 80 66 930

Prodaja sadnica: +381 11 80 66 984

Podrum pića: +381 11 80 66 933

E-mail: odpfradmilovac@gronet.rs



ODPF Radmilovac je organizaciona jedinica Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, legat - zadužbina Jevrosime, Sime i Milana Vukićevića, poligon za praktičnu obuku studenata ...

ODPF Radmilovac je:

- Centar za obuku studenata Poljoprivrednog fakulteta,*
- Centar za obuku učenika srednjih poljoprivrednih škola grada Beograda,*
- Centar za obuku poljoprivrednih proizvođača voća i stonog grožđa,*
- Specijalizovana organizacija za selekciju medonosne pčele,*
- Specijalizovana organizacija za selekciju šarana i pastrmke,*
- Proizvođač vina i rakija.*



BIOFUNGICID BIOBAKTERICID

agrounik | www.agrounik.rs

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

664.85(082)

634.1/.7(082)

САВЕТОВАЊЕ Иновације у воћарству (8 ; 2023 ; Београд)

Тема Savetovanja: Savremene mere za unapređenje čuvanja voća : zbornik radova / VIII savetovanje Inovacije u voćarstvu, Beograd, 2. februar 2023. godine

; [urednik Dejan Đurović]. - Beograd : Univerzitet, Poljoprivredni fakultet, 2022

(Zemun : Pekograf). - 124 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Na vrhu nasl. str.: Katedra za voćarstvo. - Tiraž 300.

- Bibliografija uz svaki rad. - Summaries.

ISBN 978-86-7834-413-8

a) Воће -- Чување -- Зборници

COBISS.SR-ID 86023689